



O potencial nacional para a produção de biocombustíveis a partir de resíduos agroindustriais

Ana Rita Soares Creto

Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

Dissertação orientada por:
Doutora Cristina Oliveira (FCUL/LNEG)
Investigador Luís Duarte (LNEG)

Agradecimentos

Gostaria de expressar a minha gratidão a todas as pessoas e entidades que tornaram possível a realização deste trabalho.

Ao Doutor Francisco Gírio, coordenador da Unidade de Bioenergia do LNEG, pela oportunidade de realizar o estágio nas instalações da Unidade.

Ao investigador Luís C. Duarte pela orientação, paciência, assertividade, motivação e preocupação quando mais precisei.

À Doutora Cristina Oliveira pela orientação científica e disponibilidade demonstrada sempre que necessário.

À Doutora Florbela, ao Doutor Rafal, à Doutora Patrícia, à Céu e à Belina pelos conselhos, companhia e profissionalismo.

À Direção-Geral de Agricultura e Pescas de Lisboa e Vale do Tejo, nomeadamente à Engenheira Lurdes Almeida e ao Doutor Rui Cordeiro, pela disponibilidade concedida e esclarecimentos preciosos.

À GS1 Portugal, nomeadamente ao Nuno Azevedo, pela disponibilidade, simpatia e partilha de informação.

Ao IAPMEI, nomeadamente à Doutora Paula Tavares Silva e à Doutora Paula Lança, pela cedência dos dados que permitiram a realização desta dissertação.

Aos meus colegas de laboratório, Joana, Cláudia, Douglas e Arelí, pelas fantásticas horas de almoço, por ouvirem os meus lamentos e pelas muitas gargalhadas que me proporcionaram.

Aos meus amigos, especialmente a Rute, a Sara, a Joana, o Gonçalo, o Hugo, a Bárbara e o Paulo, que tanta paciência têm para me aturar, a mim, ao meu mau feitio e às minhas piadas secas. Que continuem do meu lado por muitos anos, se fizerem favor!

À minha família e conhecidos, pelo assalto incessante com a mesma questão “Então, Rita, como vai a tese?”. Obrigada pela preocupação e por celebrarem comigo os meus melhores e piores momentos. Inspiram-me a ser uma melhor pessoa todos os dias.

Ao meu tio, por ser como um segundo pai para mim e a minha inspiração. Também gosto muito de ti!

À minha avó Antónia, a minha companheira das coscuvilhices e segunda mãe. Obrigada por me ralhar e dar na cabeça. Vou precisar durante os próximos 20 anos!

Ao meu pai e avó Rosa, obrigada pela preocupação e disponibilidade.

E, finalmente, à minha mãe e à minha irmã. O que tenho de mais importante na vida, embora nem sempre aja como tal. Amo-vos.

Resumo

A disponibilidade de biomassa por região é um dos dados mais importantes para o desenvolvimento da bioeconomia. Informação relativa a resíduos de biomassa é particularmente útil uma vez que estes materiais constituem a matéria-prima preferencial para as biorefinarias, de modo a que não sejam utilizadas culturas alimentares. Infelizmente, esta informação encontra-se dispersa e ausente em muitas fontes estatísticas oficiais.

Neste trabalho é realizada uma revisão extensiva em várias bases de dados para identificar e quantificar os principais sobrados agrícolas e resíduos agroindustriais em Portugal Continental.

Os principais sobrados agrícolas identificados foram as podas das vinhas, sobrados de milho, podas dos olivais, sobrados de arroz, sobrados de girassol e podas de árvores de frutos frescos e, no setor agroindustrial, a dreche cervejeira, a polpa de alfarroba, o bagaço de azeitona extratado (BAE) e a casca de arroz. Estes materiais foram caracterizados quimicamente e os resultados foram utilizados para estimar a produção teórica anual de biocombustíveis (bioetanol) em Portugal Continental, que é de 1276 milhões de litros.

Palavras-Chave

Bioeconomia, Bioetanol, Biorefinaria, Resíduos agroindustriais, Sobrados agrícolas

Abstract

Biomass availability in a given region is one of the most relevant data to support a bioeconomy development strategy. Specifically, information about waste biomass resources is particularly useful, as these materials are the preferred choice of feedstock for the biorefineries, in order to prevent the use of food crops. Unfortunately, these data is usually absent from official statistics.

In this work, a thorough evaluation of several statistical databases is conducted in order to identify the major agricultural and agro-food industry residues in Portugal mainland, and to estimate their amount.

The main materials identified were vine pruning, corn stover, olive tree pruning, rice straw, sunflower stalks and fruit trees pruning for the agricultural sector and brewery's spent grain, carob pulp, extracted olive bagasse and rice husks for the agro-industrial sector. These materials were chemically characterized and its composition is used to estimate their upgrade potential within the biorefinery framework, as well as to predict the potential theoretical amount of biofuel (bioethanol) production in Portugal, that is estimated to be 1276 million liters per year.

Keywords

Agricultural residues, Agro-industrial residues, Bioeconomy, Bioethanol, Biorefinery

Índice

Agradecimentos.....	i
Resumo.....	ii
Abstract	iii
Índice	iv
Índice de Figuras	vi
Índice de Tabelas.....	ix
Símbolos, Siglas, Unidades e Abreviaturas.....	xi
Enquadramento.....	xii
1 Introdução.....	1
1.1 O setor dos transportes e biocombustíveis	1
1.2 Caraterização da agroindústria portuguesa.....	4
1.2.1 Classificação Portuguesa de Atividade Económica – Revisão 3 (CAE - Rev. 3).....	4
1.2.2 Setor agroflorestal	4
1.2.3 Setor agrícola.....	4
1.2.4 Setor agroindustrial	5
1.2.5 Classificação de Resíduos	9
1.3 Materiais lenhocelulósicos (MLC)	12
1.3.1 As biorefinarias	13
1.3.2 A bioeconomia.....	14
1.4 Projetos de quantificação de biomassa residual para fins energéticos.....	16
1.4.1 Projeto Bioatlas	16
1.4.2 Projeto <i>Biomass Energy Europe</i> (BEE).....	16
1.4.3 Projeto Europrunning	16
1.4.4 A estratégia deste trabalho.....	17
2 Metodologia	18
2.1 Levantamento da disponibilidade de resíduos agroindustriais	18
2.2 Caraterização da agroindústria em Portugal Continental	19

2.3	Outras bases de dados utilizadas	22
2.4	Caracterização química da biomassa lenhocelulósica	23
2.5	Estimativa do potencial de conversão em bioetanol.....	24
2.6	Cálculo do Biotechnological Valorization Potencial Indicator (BVPI).....	25
3	Revisão bibliográfica.....	29
3.1	Bases de dados consultadas	30
3.2	Sobrantes agrícolas	31
3.2.1	Estimativa da quantidade de produção de sobrantes agrícolas (1986 – 2016)	31
3.2.2	Estimativa das quantidades produzidas	43
3.2.3	Resultados da análise da composição química dos sobrantes agrícolas	44
3.2.4	Estimativa da produção de etanol	45
3.2.5	Avaliação do potencial de valorização biotecnológico através do BVPI	45
3.3	Resíduos agroindustriais.....	47
3.3.1	Estimativa das quantidades produzidas	47
3.3.2	Mapas de distribuição geográfica	48
3.3.3	Resultados da análise da composição química dos subprodutos agroindustriais	65
3.3.4	Estimativa do potencial de conversão em bioetanol.....	66
3.3.5	Avaliação do potencial de valorização biotecnológico através do BVPI	67
4	Conclusões e Desenvolvimentos Futuros.....	69
5	Referências Bibliográficas	71
6	Anexos.....	77
I.	Glossário.....	77
II.	Matérias-primas para a produção de biocombustíveis avançados.....	81
III.	Classificação LER	83
IV.	Protocolos experimentais.....	92

Índice de Figuras

Figura 1.1 - Comparação da produtividade de óleo vegetal de diversas matérias-primas para a produção de biodiesel [7].	2
Figura 1.2 - Distribuição de resíduos não perigosos gerados por setores económicos. Fonte: INE [32]	10
Figura 1.3 - Figura ilustrativa da composição da biomassa lenhocelulósica. Os principais componentes são: celulose, hemicelulose e lenhina. Imagem por: [38]	12
Figura 1.4 - Estrutura química dos MLC (celulose, hemicelulose e lenhina) e respetiva conversão em etanol através da fermentação.....	13
Figura 1.5 - Esquema representativo do conceito de biorefinaria.	13
Figura 1.6 - Modelo de economia linear. Fonte: [44].....	14
Figura 1.7 - Modelo de economia circular. Fonte: [45].....	14
Figura 1.8 - A bioeconomia integra os demais setores representados de modo a que uma indústria consiga suprir as necessidades de outra através dos seus subprodutos e resíduos.	15
Figura 2.1 - Regiões agrárias de Portugal. Elaborado com recurso ao <i>software</i> ArcGIS. Adaptado de: [64]	19
Figura 3.1 - Estimativa da produção de sobranes resultantes do cultivo de milho (palha e carolo), em toneladas, de 1986 a 2016.	32
Figura 3.2 - Estimativa da produção de sobranes resultantes do cultivo de arroz (palha), em toneladas, de 1986 a 2016.	33
Figura 3.3 - Estimativa da produção de palha resultante do cultivo de girassol, em toneladas, de 1986 a 2016.	33
Figura 3.4 - Estimativa da produção de podas resultantes do cultivo da ameixa, em toneladas, de 1986 a 2016.	34
Figura 3.5 - Estimativa da produção de podas resultantes do cultivo da amêndoa, em toneladas, de 1986 a 2016.	34
Figura 3.6 - Estimativa da produção de podas resultantes do cultivo da azeitona de mesa, em toneladas, de 1986 a 2016.	35
Figura 3.7 - Estimativa da produção de podas resultantes do cultivo da azeitona para produção de azeite, em toneladas, de 1986 a 2016.....	36
Figura 3.8 - Estimativa da produção de podas resultantes do cultivo da castanha, em toneladas, de 1986 a 2016.	36
Figura 3.9 - Estimativa da produção de podas resultantes do cultivo da noz, em toneladas, de 1986 a 2016.....	37
Figura 3.10 - Estimativa da produção de podas resultantes do cultivo da pera, em toneladas, de 1986 a 2016.	37

Figura 3.11 - Estimativa da produção de podas resultantes do cultivo da maçã, em toneladas, de 1986 a 2016.	38
Figura 3.12 - Estimativa da produção de podas resultantes do cultivo do pêssgo, em toneladas, de 1986 a 2016.	38
Figura 3.13 - Estimativa da produção de podas resultantes do cultivo da cereja, em toneladas, de 1986 a 2016.	39
Figura 3.14 - Estimativa da produção de podas resultantes do cultivo da laranja, em toneladas, de 1986 a 2016.	39
Figura 3.15 - Estimativa da produção de podas resultantes do cultivo da tangerina, em toneladas, de 1986 a 2016.	40
Figura 3.16 - Estimativa da produção de podas resultantes do cultivo do kiwi, em toneladas, de 1986 a 2016.	41
Figura 3.17 - Estimativa da produção de podas resultantes do cultivo da uva para produção de vinho, em toneladas, de 1986 a 2016.	41
Figura 3.18 - Estimativa da produção de podas resultantes do cultivo da uva de mesa, em toneladas, de 1986 a 2016.	42
Figura 3.19 - Distribuição geográfica da indústria do vinho em Portugal Continental.	48
Figura 3.20 - Distribuição geográfica da indústria do arroz em Portugal Continental.	49
Figura 3.21 - Distribuição geográfica da indústria dos laticínios em Portugal Continental.	50
Figura 3.22 - Distribuição geográfica da indústria do azeite em Portugal Continental.	50
Figura 3.23 - Distribuição geográfica da indústria alimentar em Portugal Continental.	51
Figura 3.24 - Distribuição geográfica da indústria do açúcar em Portugal Continental.	51
Figura 3.25 - Distribuição geográfica da indústria de adubos e fertilizantes em Portugal Continental.	52
Figura 3.26 - Distribuição geográfica da indústria da cola em Portugal Continental.	52
Figura 3.27 - Distribuição geográfica da indústria das bebidas não alcoólicas em Portugal Continental.	53
Figura 3.28 - Distribuição geográfica da indústria dos biocombustíveis em Portugal Continental.	53
Figura 3.29 - Distribuição geográfica da indústria da biomassa em Portugal Continental.	54
Figura 3.30 - Distribuição geográfica da indústria do café e do chá em Portugal Continental.	54
Figura 3.31 - Distribuição geográfica da indústria da cordoaria em Portugal Continental.	55
Figura 3.32 - Distribuição geográfica da indústria dos curtumes em Portugal Continental.	55
Figura 3.33 - Distribuição geográfica da indústria farmacêutica em Portugal Continental.	56
Figura 3.34 - Distribuição geográfica da indústria da cerveja em Portugal Continental.	56
Figura 3.35 - Distribuição geográfica da indústria da carne em Portugal Continental.	57
Figura 3.36 - Distribuição geográfica da indústria da cortiça em Portugal Continental.	57
Figura 3.37 - Distribuição geográfica da indústria F&H em Portugal Continental.	58
Figura 3.38 - Distribuição geográfica da indústria da madeira em Portugal Continental.	58

Figura 3.39 - Distribuição geográfica da indústria das moagens em Portugal Continental.....	59
Figura 3.40 - Distribuição geográfica da indústria dos óleos em Portugal Continental.	59
Figura 3.41 - Distribuição geográfica da indústria de outras bebidas alcoólicas em Portugal Continental.	60
Figura 3.42 - Distribuição geográfica da indústria da pasta e papel em Portugal Continental.....	60
Figura 3.43 - Distribuição geográfica da indústria da perfumaria em Portugal Continental.	61
Figura 3.44 - Distribuição geográfica da indústria da pesca em Portugal Continental.	61
Figura 3.45 - Distribuição geográfica da indústria dos produtos químicos em Portugal Continental. ...	62
Figura 3.46 - Distribuição geográfica da indústria das rações em Portugal Continental.....	62
Figura 3.47 - Distribuição geográfica da indústria das resinas em Portugal Continental.....	63
Figura 3.48 - Distribuição geográfica da indústria do tabaco em Portugal Continental.....	63
Figura 3.49 - Distribuição geográfica da indústria têxtil em Portugal Continental.	64

Índice de Tabelas

Tabela 1.1 - Identificação das entidades coordenadoras, nos termos do disposto no nº 2 do artigo 13º do SIR. Adaptado de: [20].....	6
Tabela 1.2 - Principais produtos produzidos pela Indústria Alimentar em Portugal em 2016 [22]	8
Tabela 1.3 - Resíduos de papel e cartão (não perigosos) por atividade económica. Dados relativos a Portugal no ano de 2016. Adaptado de: INE [27]	10
Tabela 1.4 - Subprodutos mais relevantes em Portugal Continental, quantidade total nacional e humidade característica à saída da unidade transformadora. Adaptado de: Duarte et al. [33].....	11
Tabela 1.5 - Valores comerciais dos vários subprodutos agroindustriais, em euros por tonelada. Adaptado de: Duarte <i>et al.</i> [33]	12
Tabela 2.1 - Rácios resíduo/produto utilizados para estimar a quantidade de subprodutos agroindustriais produzidos.	18
Tabela 2.2 - Rácios resíduo/produto utilizados para estimar a quantidade de sobranes agrícolas produzidos.	18
Tabela 2.3 - Códigos CAE – Rev. 3 relevantes para a caracterização de atividades dos subsetores agroindustriais portugueses. Fonte: [12]	20
Tabela 2.4 - Procedimentos laboratoriais a serem efetuados, com respetivas referências bibliográficas, ordenados por ordem cronológica de realização. Fonte: NREL [68]	23
Tabela 2.5 - Tabela de conversões das quantidades de massa e volume em unidades US / SI.	24
Tabela 2.6 - Tabela de equivalências das massas molares, em gramas por mole.....	24
Tabela 2.7 – Rendimentos assumidos para os processos de hidrólise e fermentação.	25
Tabela 2.8 - Fatores biológicos e físico-químicos considerados e respetivas classificações.....	26
Tabela 2.9 – Fatores económicos considerados e respetivas classificações.	26
Tabela 2.10 - Fatores tecnológicos considerados e respetivas classificações.....	27
Tabela 2.11 - Fatores geográficos considerados e respetivas classificações.	27
Tabela 3.1 - Média aritmética das estimativas de sobranes agrícolas produzidos de 2012 a 2016, em toneladas.	43
Tabela 3.2 - Principais resultados da caracterização química dos principais sobranes agrícolas estudados. Valores em percentagem (%) de base seca.....	44
Tabela 3.3 – Estimativa da quantidade de bioetanol produzida (em litros por tonelada de matéria seca), obtida através da caracterização química dos sobranes agrícolas, e do seu total anual, baseado nas quantidades da Tabela 3.1 (em milhões de litros).	45
Tabela 3.4 - Classificação obtida pelos sobranes agrícolas analisados através do indicador BVPI.	46
Tabela 3.5 - Estimativa de quantidades, em toneladas por ano, dos principais subprodutos agroindustriais identificados. Adaptado de: [43]	47

Tabela 3.6 - Estimativa de quantidades, em toneladas, da casca de arroz e dreche cervejeira relativa a 2016.	48
Tabela 3.7 - Principais resultados da caracterização química da dreche cervejeira, casca de arroz, BAE e casca de frutos rijos (% em base seca).	66
Tabela 3.8 - Principais resultados da caracterização química da polpa de alfarroba (% em base seca)..	66
Tabela 3.9 - Estimativa do potencial de conversão em bioetanol (em litros por tonelada de resíduo seco) da dreche cervejeira, casca de arroz, BAE, casca de casca de caroço de pêssego e pinhão, e respectivo total anual produzido, baseado nas quantidades da Tabela 3.5 e da Tabela 3.6 (em milhões de litros).	67
Tabela 3.10 - Estimativa da quantidade de bioetanol produzida (em litros por tonelada de matéria seca), obtida através da caracterização química dos resíduos agroindustriais, e respectivo total anual produzido, baseado nas quantidades da Tabela 3.5 (em milhões de litros).	67
Tabela 3.11 - Classificação BVPI dos vários subprodutos agroindustriais estudados.	68

Símbolos, Siglas, Unidades e Abreviaturas

€	Euros
AIE	Agência Internacional de Energia (www.iea.org)
APA	Agência Portuguesa do Ambiente, I.P.
APREN	Agência Portuguesa de Energias Renováveis
BAE	Bagaço de Azeitona Extratado
C	Carbono
BEE	<i>Biomass Energy Europe</i> (http://www.eu-bee.eu/)
CAE – rev.3	Classificação da Atividade Económica – Revisão 3
CER-stat	Catálogo Europeu de Resíduos para fins estatísticos
CEUBIOM	<i>Classification of European Biomass Potential for Bioenergy Using Terrestrial and Earth Observations</i> (cordis.europa.eu/project/rcn/86249_en.html)
ENMC	Entidade Nacional para o Mercado de Combustíveis (enmc.pt)
EtOH	Etanol
F&H	Frutos e hortícolas
GEE	Gases com efeito de estufa
H	Hidrogénio
I.P.	Instituto Público
IAPMEI	Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas e à Inovação, I.P.
ICNF	Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, I.P.
IFAP	Instituto de Financiamento da Agricultura e Pescas, I.P.
ILUC	<i>Indirect Land Use Change impacts of fuels</i>
INE	Instituto Nacional de Estatística, I.P.
LER	Lista Europeia de Resíduos
L	Litro
LUA	Licenciamento Único de Ambiente
M€	Milhões de euros
MLC	Material lenhocelulósico
O	Oxigénio
NACE – rev.2	<i>Statistical classification of economic activities in the European Community – revision 2</i>
NREL	<i>National Renewable Energy Laboratory</i> (www.nrel.gov)
PRTR	<i>Pollutant Release and Transfer Register</i> (prtr.ec.europa.eu)
RED	<i>Renewable Energy Directive</i> (2009/28/EC)
SI	Sistema Internacional
SIR	Sistema da Indústria Responsável
SILiAmb	Sistema Integrado do Licenciamento do Ambiente
t	Tonelada
UE	União Europeia
US	<i>United States</i>
VN	Volume de negócios (M€)
ZER	Zona Empresarial Responsável

Enquadramento

Este trabalho foi realizado na Unidade de Bioenergia do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG) como parte integrante do projecto PHOENIX - «People for the European bioENERgy mIX» financiado pelo programa H2020 (MSCA – RISE) e do projeto CONVERTE - «Potencial Biomássico para Energia», cofinanciado pelo POSEUR, Portugal 2020 e União Europeia, através do Fundo de Coesão.

No Capítulo 1 é apresentada uma caracterização da situação energética com foco no setor dos transportes e biocombustíveis, acompanhada da cronologia de evolução da legislação nacional e internacional que motiva o desenvolvimento sustentável destes dois setores. É também caracterizada a situação atual da produção agroindustrial portuguesa, destacando-se os principais produtos e respetivos resíduos agroindustriais. É ainda feita a identificação dos principais organismos de interesse para este trabalho e respetiva legislação reguladora, incluindo as classificações de atividades económicas e dos resíduos, e identificadas fontes bibliográficas com interesse para este trabalho. São ainda apresentados os conceitos de bioeconomia e biorefinaria como preferenciais para a valorização dos resíduos agroindustriais, dada a complexidade da sua estrutura química, e aplicação destes mesmos conceitos adaptados ao contexto nacional.

No Capítulo 2, são apresentadas as metodologias de seleção das atividades económicas e de cálculo da estimativa de sobranter agrícolas e resíduos agroindustriais relevantes, bem como as bases de dados utilizadas e o modo como foram analisadas. São também discriminados os procedimentos laboratoriais utilizados para a caracterização química da biomassa, bem como o modelo (equação) utilizado para estimar o potencial de conversão dos sobranter e resíduos em bioetanol.

No Capítulo 3, são apresentados os mapas de distribuição geográfica dos estabelecimentos agroindustriais em Portugal Continental e uma estimativa de produção de sobranter agrícolas ao longo do tempo, com o objetivo de avaliar a constância temporal destes materiais e perspetivar a sua utilização como matérias-primas de abastecimento de centrais de biomassa e biorefinarias. A representatividade das bases de dados consultadas é discutida, bem como a relevância da distribuição geográfica dos resíduos agroindustriais para a decisão de instalações de aproveitamento da biomassa, como as biorefinarias. É ainda discutida a relevância das fontes bibliográficas e classificações utilizadas, de modo a perceber o rigor dos dados apresentados nesta dissertação. São apresentadas estimativas de quantidades de resíduos e subprodutos agrícolas e agroindustriais e respetivo potencial de conversão em bioetanol, bem como o seu potencial técnico-económico.

No Capítulo 4 são apresentadas as principais conclusões deste trabalho, bem como algumas considerações para futuros trabalhos.

Dada a natureza do trabalho e tendo por objetivo uma maior consistência na utilização de alguns termos, encontra-se incluído no Anexo I um pequeno glossário em português, que pretende contribuir para fixação de designações e definições técnicas dos principais termos e conceitos relacionados com este trabalho.

Parte dos resultados apresentados nesta tese foram publicados no seguinte trabalho:

Torrado, I.; Fernandes, M. C.; Pereira, H.; Duarte, L.C. 2017. *The potential of lignocellulosic biomass from Alentejo to sustain the regional bioeconomy development*. Ciência 2017-Encontro com a Ciência e a Tecnologia. Centro de Congressos de Lisboa; 03-05 Julho de 2017, Lisboa, Portugal.

1 Introdução

1.1 O setor dos transportes e biocombustíveis

É possível estabelecer uma correlação entre a evolução do consumo *per capita* de energia fóssil e as condições de vida, sendo que sociedades com maior índice de desenvolvimento e conforto apresentam registos históricos com maiores gastos de energia. No entanto, esta correlação tem vindo a alterar-se, notando-se uma diminuição do consumo de energia fóssil pelas sociedades mais evoluídas, fruto essencialmente de alterações induzidas por preocupações com a sustentabilidade^a, que induziram a adoção de medidas de poupança energética, e tecnologias mais limpas.

Os setores que ainda consomem mais energia fóssil são os setores da indústria e o sector dos transportes. Especificamente, o petróleo continua a ser a fonte primária de energia mais utilizada neste setor [2]. Em 2014, 38% da energia consumida em Portugal correspondia ao setor dos transportes [3]. Esta situação, semelhante em muitos outros países, traduz-se, ao nível da União Europeia (UE) numa importação de 53% do total de energia consumida [4], o que se constitui como uma elevada dependência energética relativamente aos produtos petrolíferos e suscetibilidade às flutuações do mercado petrolífero. Esta situação não se coaduna com a política da União Europeia para um desenvolvimento sustentável do setor transportador.

Neste enquadramento, os biocombustíveis apresentam-se como uma alternativa disponível atualmente aos combustíveis tradicionais (gasóleo, gasolina e gás natural). O biodiesel assume especial relevância no contexto europeu uma vez que a frota automóvel funciona maioritariamente a motores *diesel*. Espera-se que a sua utilização se traduza numa acentuada redução da emissão de gases de efeito de estufa (GEE), como o dióxido de carbono (CO₂), e na garantia de fornecimento energético ao setor dos transportes.

Em Portugal, o mercado dos biocombustíveis é monitorizado pela Entidade Nacional para o Mercado de Combustíveis (ENMC), que tem como missão garantir o cumprimento das metas acordadas entre o país, a UE e a Agência Internacional de Energia (AIE). Para que um biocombustível seja elegível para as metas de incorporação tem de cumprir os critérios de sustentabilidade estabelecidos pelas diretivas europeias e a legislação nacional sendo, atualmente, o Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG) a entidade responsável pela verificação do cumprimento desses critérios, segundo o Decreto-lei nº 152-C/2017, de 11 de dezembro.

Os biocombustíveis podem ser denominados de 1^a, 2^a e 3^a geração, consoante a natureza da biomassa utilizada como matéria-prima. Um biocombustível de 1^a geração é produzido a partir de matéria-prima alimentar, apresentando as tecnologias de conversão mais maduras e avançadas. Os principais exemplos são a produção de etanol a partir de açúcar obtido da cana-de-açúcar no Brasil e de milho nos EUA e a produção de biodiesel obtido a partir de óleos vegetais como o óleo de girassol, de palma, de soja e de colza. O biocombustível de 2^a geração resulta do aproveitamento de culturas lenhocelulósicas, resíduos florestais, agrícolas e urbanos, e consequentemente, sem aplicação alimentar. A 3^a geração é caracterizada pelos biocombustíveis serem produzidos a partir de biomassa de algas, mas também usando diretamente o CO₂ como matéria-prima [5].

^a O conceito de sustentabilidade foi definido pela primeira vez em 1987, no denominado Relatório Brundtland (1. *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. 1987.), onde se define que «o desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que responde às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprirem as suas próprias necessidades».

Em Portugal são comercializados vários tipos de biocombustível (biodiesel, bioetanol, bio-ETBE) incorporados nos combustíveis fósseis (gasóleo ou gasolina), sendo o biodiesel o que tem maior expressão e aquele que é produzido a nível nacional. Este biocombustível é, como referido, geralmente obtido através de óleos vegetais, existindo em território nacional culturas de girassol e, mais recentemente, da colza [6], embora com uma expressão pouco significativa no total de matéria-prima utilizada nesta cadeia de valor. De qualquer forma, a produtividade de ambas as culturas é bastante mais baixa quando comparada com a produtividade das culturas de palma (Figura 1.1) no sudeste asiático. Combinado com a escassez de terra disponível, custo elevado de produção, recolha, transporte e processamento industrial da matéria-prima e concorrência com os mercados alimentar e de combustíveis tradicionais [2], a implantação de culturas energéticas em território nacional poderá não ser a opção mais viável.

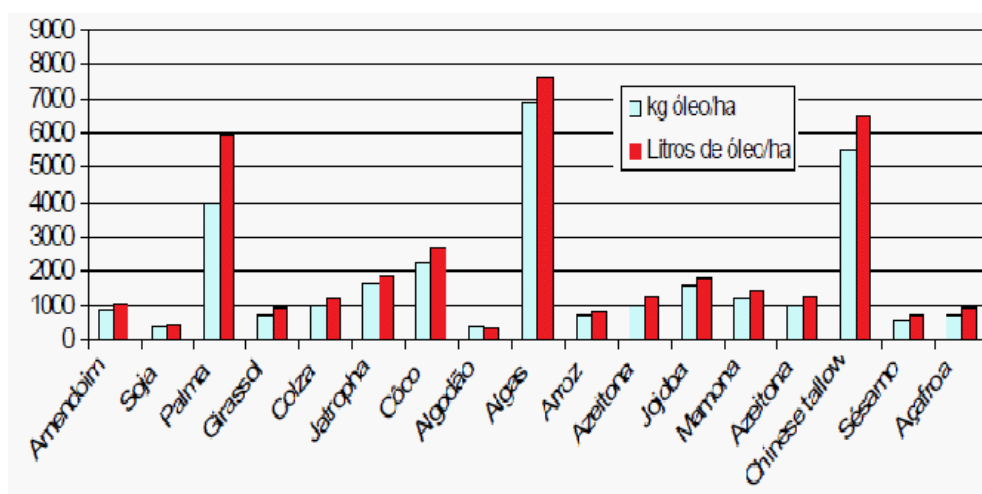


Figura 1.1 - Comparação da produtividade de óleo vegetal de diversas matérias-primas para a produção de biodiesel [7].

A produção de biocombustíveis de 3ª geração ainda se encontra pouco desenvolvida mas é bastante promissora uma vez que as algas constituem uma fonte de biomassa abundante e sustentável, apresentando uma produtividade bastante elevada, novamente confirmado pela Figura 1.1 [5].

O biocombustível de 2ª geração, sendo produzido através de resíduos e subprodutos, não entra em competição direta com a indústria alimentar, no entanto, a sua produção é bastante mais complexa do que a dos biocombustíveis de 1ª geração e, embora não esteja tão dependente dos preços das matérias-primas, é também mais dispendiosa. De acordo com a diretiva ILUC (*Indirect Land Use Change impacts of fuel*), os métodos de conversão a serem utilizados deverão ser a gaseificação, pirólise, hidrotratamento ou a conversão enzimática de materiais lenhocelulósicos e materiais celulósicos não alimentares. É de realçar este último ponto, uma vez que, face a fenómenos meteorológicos e catástrofes naturais anormais derivados das alterações climáticas, e ao aumento da população mundial, é possível que haja uma diminuição dos recursos disponíveis e escassez de alimentos nas próximas décadas [8, 9].

No entanto, estima-se que a redução da emissão de GEE em biocombustíveis de 2ª geração relativamente aos combustíveis tradicionais seja de 60% e que haja uma redução relativa também aos biocombustíveis de 1ª geração, uma vez que a produção dessa matéria-prima acarreta também emissões de GEE [5].

Ao longo do tempo, houve uma consciencialização relativamente à diminuição de emissão de GEE. O primeiro grande passo de encontro a um futuro mais sustentável e com menos poluição foi a assinatura do protocolo de Kyoto, em 1997. O objetivo era a redução da emissão dos gases de efeito de estufa num total de 8% relativamente aos valores de 1990, no período de 2008 a 2012 [3].

Visto o setor dos transportes ser responsável por um consumo significativo de energia e por quantidades elevadas de emissão de GEE, juntamente com o compromisso da UE de diminuir as emissões em 80% até 2050 [3] a legislação toma um papel importante na obtenção destas metas. A Diretiva Europeia 2003/30/CE, referente à promoção da utilização de biocombustíveis e outros combustíveis renováveis, foi transposta para a legislação nacional através do Decreto-lei nº 62/2006 e as Diretivas 2009/28/CE (diretiva RED) e 2009/30/CE foram integradas no Decreto-lei nº 117/2010, que estabelece os critérios de sustentabilidade de produção e utilização de biocombustíveis e biolíquidos, os mecanismos de promoção de biocombustíveis nos transportes terrestres e define os limites de incorporação obrigatória de 2011 a 2020. Este último decreto foi alterado em dois momentos: pelo Decreto-lei nº 62/2012 e, mais recentemente, pelo Decreto-lei nº 69/2016.

A *Renewable Energy Directive* (RED) introduziu a meta de 10% de biocombustíveis ou outros combustíveis renováveis no setor dos transportes, para todos os Estados-Membro, até 2020. Também esta diretiva e as seguintes apresentam uma série de critérios de sustentabilidade para a produção dos biocombustíveis, destacando-se a redução de emissões de GEE e a proteção de biodiversidade e do uso do solo. Respetivamente, a redução de GEE tem de ser de, pelo menos, 50% a partir de 1 de janeiro de 2018 e um mínimo de 60% relativamente a biocombustíveis produzidos em instalações em funcionamento a partir de 5 de outubro de 2015; os biocombustíveis não podem ser produzidos a partir de matéria-prima obtida a partir de áreas com elevada biodiversidade, incluindo floresta primária, nem obtida em solos com elevado teor de carbono, como zonas pantanosas, turfeiras e áreas florestais [10]. Mais recentemente, a Diretiva europeia 2015/1513 (diretiva *Indirect Land Use Change impact of fuels* (ILUC)), transposta para a legislação nacional pelo Decreto-lei nº 152-C/2017, de 11 de dezembro, indica que cada Estado-Membro deverá transpor para a sua legislação uma meta com valor de referência de 0.5% de incorporação em teor energético para biocombustíveis avançados, cujas matérias-primas figurem no anexo IX, parte A, do respetivo documento (ver anexo II deste trabalho). Para encorajar a produção de biocombustíveis avançados, estes beneficiarão de dupla contagem, i.e., a sua contribuição para a meta de 10% já referida é contada em duplicado [10], tal como acontece atualmente para o biodiesel obtido de óleos alimentares usados e gorduras animais. Em Portugal, esta contabilização é feita através da emissão de Títulos de Biocombustível (TdB), os quais são atribuídos ao operador económico após verificação, pelo LNEG/Entidade Coordenadora do Cumprimento dos Critérios de Sustentabilidade dos Biocombustíveis e Biolíquidos (ECS), da sustentabilidade do biocombustível, incluindo a matéria-prima que lhe deu origem.

Há que ter em conta, no entanto, que a produção de resíduos é desencorajada tanto pela política de sustentabilidade como de reciclagem de resíduos da UE. Como tal, todo o tipo de resíduos poderá ser considerado para valorização e as tecnologias de conversão para a produção de biocombustíveis terão de evoluir para conseguir dar resposta simultaneamente às diretivas e metas europeias e às necessidades energéticas do mercado dos biocombustíveis [9].

Quanto aos biocombustíveis convencionais (cuja matéria-prima seja obtida a partir de culturas alimentares), a sua contribuição foi limitada a 7% da contribuição final para a meta de 10% para 2020 pela Diretiva 2008/98/CE, de 19 de novembro [10].

Assim, torna-se importante conhecer o potencial de cada País para a produção de biocombustíveis, sendo então relevante à quantificação e localização de matérias-primas potenciais (como é o caso do dos resíduos agroindustriais, tratado neste trabalho). Este objetivo é também apoiado/dirigido pela Comissão Europeia que criou a diretiva *Inspire* (Diretiva 2007/2/EC do Parlamento Europeu e do Conselho de 14 de março de 2007), a ser implementada até 2021, que pretende corrigir a falta de dados georreferenciados a nível europeu em 34 categorias temáticas, entre as quais se encontram os recursos energéticos de cada Estado Membro. A diretiva permitirá criar uma infraestrutura *online* facilmente acessível a todas as populações e que permitirá uma rápida tomada de decisões importantes numa gama alargada de áreas, por exemplo, desde as opções de investimento ao apoio à gestão de crises ambientais [11].

1.2 Caraterização da agroindústria portuguesa

1.2.1 Classificação Portuguesa de Atividade Económica – Revisão 3 (CAE - Rev. 3)

Tendo em vista a seleção dos subsetores agroindustriais que interessavam estudar neste trabalho, recorreu-se ao documento que estabelece as diversas atividades económicas, a Lista CAE – Rev. 3 de 2007 [12]. Esta classificação é produto de uma tentativa de harmonizar a classificação de atividades portuguesas com a Nomenclatura Geral das Atividades Económicas das Comunidades Europeias – Revisão 2 (NACE - Rev.2).

Os objetivos por trás da criação desta classificação passam pela classificação e agrupamento das unidades estatísticas produtoras de bens e serviços, segundo a atividade económica, a organização da informação estatística económico-social, por ramo de atividade económica, em diversos domínios, incluindo de produção, e a comparabilidade estatística a nível nacional.

Quando se exerce pelo menos uma atividade económica num ou mais locais, considera-se que estamos perante uma empresa. Se uma ou mais atividades são exercidas num só local, considera-se uma unidade local, ou estabelecimento. As empresas e os estabelecimentos são as unidades estatísticas tratadas nesta dissertação.

O valor acrescentado bruto (VAB) é a variável recomendada para classificar as atividades económicas. No caso de integração vertical de atividades na mesma unidade estatística, i.e., as atividades em que as diferentes fases de produção são sucessivamente efetuadas por diferentes partes da mesma unidade e em que os produtos de uma correspondem aos consumos de outra, a unidade deve ser classificada pela atividade que mais valor acrescentado gera em termos de bens ou serviços produzidos.

Dentro das secções nas quais se dividem as diferentes atividades económicas, as que interessam tratar no âmbito deste trabalho serão a Secção A – Agricultura, produção animal, caça, floresta e pesca, e a Secção C – Indústrias transformadoras, na qual se incluem indústrias transformadoras que produzem bens e serviços. As indústrias transformadoras encontram-se exaustivamente descritas por código CAE – Rev. 3.

Existem 21 secções, identificadas de A a U, e 99 divisões. Os códigos CAE – Rev. 3 correspondem às subclasses de cada secção, perfazendo um total de 5 dígitos. A divisão (2 dígitos), o grupo (3 dígitos) e a classe (4 dígitos) são níveis idênticos à NACE – Rev. 2.

1.2.2 Setor agroflorestal

A floresta corresponde a cerca de 38% do território continental português [13]. A produção de biomassa florestal assenta no potencial proveniente de resíduos de mato (inculto e sob coberto), produção de lenhas, ramos e bicadas, áreas ardidas e das indústrias transformadoras da madeira. Em 1999, foram declarados mais de 1 milhão de toneladas de “resíduos industriais de biomassa”, dos quais cerca de 15% não tinham como destino qualquer tipo de valorização [14].

Em 2017, Portugal enfrentou o pior ano em termos de incêndios florestais desde 2005. Segundo dados do Instituto de Conservação da Natureza e Florestas (ICNF), os distritos mais afetados foram os de Coimbra, Guarda e Castelo Branco e os distritos com mais ocorrências foram Porto, Braga e Viseu. O total de área ardida até outubro de 2017 foi mais de 442 mil hectares de área florestal [15].

1.2.3 Setor agrícola

Em Portugal Continental, a utilização do solo para práticas agrícolas representa 24% do total. Há uma clara oportunidade de aproveitamento de sobrantes agrícolas [14], como os resíduos da vinha, podas dos olivais, árvores de frutos e sobras da cultura do arroz e do trigo, e resíduos agroindustriais, provenientes da indústria do vinho, azeitona, frutas, frutos secos e agropecuária.

Segundo o Secretário de Estado da Agricultura, Luís Vieira, a produção de azeite em território nacional quadruplicou na última década [16]. No entanto, como consequência das alterações climáticas [17], muitas culturas, como as de frutos secos, podem ver a sua produção diminuída ou mesmo chegar a ser inexistente por fenómenos climáticos extremos. Foi o que aconteceu no ano agrícola 2015/2016, que foi caracterizado por uma temperatura média do ar anormalmente superior ao normal. Este fenómeno causou uma diminuição na produção agrícola no geral, embora se tenha verificado um aumento da produtividade e da qualidade de alguns produtos como os cereais de inverno e vinho, respetivamente [18].

De referir que cerca de 90% do milho para grão produzido em Portugal é de regadio. Em termos de aproveitamento de resíduos, não é considerado milho forrageiro.

As culturas pomóideas foram afetadas pela «falta de frio no inverno e pela precipitação e baixas temperaturas na floração e vingamento dos frutos».

As culturas temporárias são aquelas cujo ciclo vegetativo não excede um ano e que ocupam o solo num período não superior a cinco anos, enquanto as culturas permanentes são culturas não integradas em rotação que ocupam as terras por um período igual ou superior a cinco anos e dão origem a várias colheitas. Fazem parte das primeiras as culturas arvenses (cujo ciclo não excede um ano) de cereais para grão e oleaginosas. Já as culturas frutícolas e a vinha inserem-se na categoria de culturas permanentes [19].

Portugal é o maior consumidor de arroz da UE, consumindo um total de 270 000 t, e produzindo cerca de 70% das suas necessidades (cerca de 190 000 t) [8].

A indústria nacional depende da produção agrícola pois, como discutido adiante, as produções agrícola e agroindustrial a nível nacional encontram-se intimamente ligadas através do setor de indústria agroalimentar.

1.2.4 Setor agroindustrial

Ao contrário dos casos anteriores, o licenciamento de uma atividade industrial é complexo, entre outras razões pelo potencial maior poder poluidor das instalações industriais.

O Sistema de Indústria Responsável (SIR), definido pelo Decreto-lei nº 169/2012, de 1 de agosto, e atualizado pelo Decreto-lei nº 73/2015, de 11 de maio, estabelece os procedimentos necessários ao acesso e exercício da atividade industrial, entre outros. Este aplica-se às atividades industriais descritas no anexo I do Decreto-lei nº 73/2015, de 11 de maio.

O SIR classifica os estabelecimentos industriais em 3 tipos, consoante o grau de risco potencial para a pessoa humana e para o meio ambiente, decorrente do tipo de atividade exercida.

Os estabelecimentos enquadrados no tipo 1 são os que mais atenção merecem, uma vez que poderão estar sujeitos a um regime de avaliação de impacto ambiental (RJAIA), de prevenção e controlo integrado de poluição (RJPCIP), de prevenção de acidentes graves (RPAG), de operação e gestão de resíduos (OGR) (que careça de vistoria prévia) e/ou de atividades que envolvam matéria de origem animal.

Os estabelecimentos industriais são de tipo 2, quando não estão incluídos no tipo 1, mas obedecem ao regime jurídico de Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE) de GEE e/ou de OGR que dispense de vistoria prévia.

Os estabelecimentos de tipo 3 são todos os que não se enquadrem nos tipos 1 e 2 e, por isso, não se encontram sujeitos a nenhum dos regimes jurídicos previamente mencionados.

A partir desta tipologia, podemos retirar conclusões sobre a dimensão do estabelecimento industrial uma vez que os estabelecimentos de maiores dimensões estarão sujeitos a um maior controlo, baseado no(s) regime(s) a que esteja sujeito. Os estabelecimentos com uma maior dimensão deverão estar associados ao tipo 1 e os de menor dimensão (pequenos produtores) estarão associados ao tipo 3.

O SIR regula também a instalação e exploração das zonas empresariais responsáveis (ZER), áreas dotadas de infraestruturas pré-licenciadas que permitem uma localização simplificada de indústrias. A identificação da entidade coordenadora de cada estabelecimento industrial visado no anexo I do SIR é realizada de acordo com a Tabela 1.1, consoante o código CAE – Rev. 3 referente à atividade económica principal exercida pelo estabelecimento industrial, ao tipo de estabelecimento industrial e à localização do mesmo. É obrigação da entidade coordenadora garantir o cumprimento dos procedimentos descritos no SIR.

Tabela 1.1 - Identificação das entidades coordenadoras, nos termos do disposto no n.º 2 do artigo 13.º do SIR. Adaptado de: [20]

CAE – Rev. 3 (Subclasse)	Tipologia de Estabelecimentos	Entidade Coordenadora
05100, 05200, 07100, 07210, 07290, 08111, 08112, 082113, 08114, 08115, 08121, 08920, 08992, 11071, 19201, 19202, 24410, 24430, 24440, 24450 e 24460.	Todos os tipos	Direção-Geral de Energia e Geologia.
08931, 10110 a 10412, 10510 e 10893, 10911 a 10920, 11011 a 11013, 11021 a 11030, 35302, 56210 e 56290.	Tipos 1 e 2	Direção Geral de Agricultura territorialmente competente ou entidade gestora de ZER
	Tipo 3	Câmara Municipal territorialmente competente ou entidade gestora de ZER.
Subclasses previstas na secção I do anexo I e não identificáveis nas linhas anteriores desta coluna.	Tipos 1 e 2	IAPMEI, ou entidade gestora de ZER
	Tipo 3	Câmara Municipal territorialmente competente ou entidade gestora de ZER.

À primeira vista, a informação relativa à instalação ou alteração de estabelecimentos industriais dos 3 tipos encontra-se dispersa pelas várias instituições que podem ter a responsabilidade de entidades coordenadoras. No entanto, o contato com o Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas e à Inovação (IAPMEI) revelou que esta entidade centraliza esta informação na sua base de dados.

O Licenciamento Único de Ambiente (LUA) surge na sequência da publicação do Decreto-lei n.º 75/2015, de 11 de maio, e posterior declaração de retificação n.º 30/2015, de 18 de junho, como parte do Regime de Licenciamento Único de Ambiente (RLUA). O LUA é um módulo integrante do Sistema Integrado do Licenciamento do Ambiente (SILiAmb) e tem como objetivo a agilização de todos os pedidos e autorizações de licenciamento abrangidos pelo RLUA, incluindo o licenciamento ambiental. Há uma articulação do SILiAmb com outros sistemas, nomeadamente com o SIR e o Sistema Integrado de Registo Eletrónico de Resíduos (SIRER). Através de um protocolo firmado com a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), que gere o SILiAmb e o SIRER, e do n.º 2 do artigo 10.º do Regulamento SIRER, é possível ao Instituto Nacional de Estatística (INE) constituir uma base de dados baseada no SIRER utilizada para as estatísticas nacionais sobre resíduos. É responsabilidade do INE divulgar estes dados de forma a que a APA não seja obrigada a dar informações detalhadas, pelo que as estatísticas dos resíduos são publicadas de forma sintética e agregada e disponibilizadas nas publicações “Estatísticas da Produção Industrial”.

1.2.4.1 Impacto na economia nacional

O setor agroalimentar em Portugal representou um volume de vendas de 14,9% das indústrias transformadoras em 2015 [18], contando com 10 996 empresas ativas [21]. Posiciona-se como a principal atividade de produção industrial nacional, relativamente às restantes atividades das Indústrias Transformadoras [18].

De acordo com a última publicação da série Estatísticas da Produção Industrial, lançada pelo INE, em 2016 registou-se um novo aumento da produção industrial em território nacional, tendo sido verificado um contributo positivo muito significativo por parte dos setores que processam biomassa, nomeadamente das Indústrias Alimentares. O valor da produção industrial vendida no mercado nacional também registou um aumento, destacando-se, entre outras, as atividades económicas de “Fabricação de pasta, de papel, cartão e seus artigos” e “Indústria de bebidas”. No conjunto de mercado de vendas Extra-UE e Intra-UE, é realçado o contributo acentuado da Indústria do Vestuário [22].

Relativamente à “Indústria de bebidas”, a “Indústria do vinho” representou 52,2% do total do valor de vendas. Já em 2014 tinha contribuído com 49,3% [18].

Não só as grandes empresas contribuíram para estes resultados, tendo-se verificado uma heterogeneidade entre as diferentes divisões de atividades económicas, nomeadamente nas “Indústrias Alimentares”, dos “Produtos de couro” (e também na “Fabricação de mobiliário e de colchões”). Concluiu-se que houve um menor grau de concentração de produção nas 50 maiores empresas destes setores e que estas não chegaram a produzir sequer metade das respetivas produções vendidas em 2016 [22].

Os 5 principais produtos da Indústria Alimentar representaram 21,5% do valor de produção vendida no mercado nacional. Estes são o pão sem adição de mel, os ovos, o queijo ou os frutos (5,6%), os produtos de pastelaria (4,6%), os alimentos para criação de animais (exceto pré-mistura): animais de capoeira (4,3%), frangos, galos e galinhas inteiros, frescos ou refrigerados (3,6%) e queijos ralados ou em pó, queijos de pasta azul e outros queijos (3,5%) [22]. Contudo, como evidenciado pela Tabela 1.2, não só das indústrias da padaria, pastelaria, rações, carnes e laticínios, respetivamente, resultou uma produção considerável de produtos e, consequentemente, resíduos. É possível identificar produtos das indústrias da pesca, azeite, café, açúcar e óleos.

O potencial nacional para a produção de biocombustíveis a partir de resíduos

Tabela 1.2 - Principais produtos produzidos pela Indústria Alimentar em Portugal em 2016 [22]

Produtos Produzidos	Unidade	Quantidades		Vendas de
		Produzidas	Vendidas	Produtos (Euros)
Principais Produtos:				
Pão sem adição de mel, ovos, queijo ou frutos	kg	424 725 082	410 992 024	585 196 573
Pastelaria	kg	188 693 305	185 274 759	482 974 194
Alimentos para criação de animais (exceto pré-misturas): animais de capoeira	kg	1 629 501 572	1 605 309 923	452 132 939
Frangos, galos e galinhas inteiros, frescos ou refrigerados	kg	266 839 992	248 358 392	374 006 531
Queijos ralados ou em pó, queijos de pasta azul e outros queijos	kg	74 802 936	72 937 530	365 788 438
Alimentos para criação de animais (exceto pré-misturas): suínos	kg	1 157 227 996	1 145 511 853	324 785 047
Peixes de água salgada, congelados	kg	83 671 236	82 753 693	323 064 032
Azeite virgem, não quimicamente modificado (inclui azeite virgem lampante e corrente)	kg	88 799 544	87 656 548	304 797 574
Café torrado, não descafeinado	kg	40 332 547	40 422 980	295 510 794
Leite pasteurizado e ultrapasteurizado, não concentrados, n/adicionados de açúcar/out. edulcorantes, teor de matérias gordas >1%e <=6%, em embalagens imediatas de conteúdo líquido <=2 L	kg	597 879 774	610 157 368	289 388 814
Carnes de suíno, frescas ou refrigeradas, exceto vãos, pernas, pás e seus pedaços, carcaças e meias carcaças	kg	122 145 949	120 029 965	280 170 972
Alimentos para criação de animais (exceto pré-misturas): bovinos	kg	902 856 412	893 724 398	254 266 120
Peixes secos ou salgados; peixes, salgados mas não secos; peixes em salmoura (exceto filetes, fumados, cabeças, rabos e bexigas natatórias)	kg	44 081 955	41 373 061	251 439 269
Farinhas de trigo ou de mistura de trigo com centeio	kg	713 672 219	719 233 769	212 570 816
Açúcares brancos de cana ou de beterraba, no estado sólido	kg	373 925 250	397 226 855	201 102 613
Vãos, pernas, pás e respetivos pedaços de suíno, não desossados, frescos ou refrigerados	kg	93 353 792	90 062 972	199 068 861
Enchidos e produtos semelhantes, de carne, miudezas ou sangue, incluindo preparações alimentícias à base de tais produtos (exceto de fígado e refeições e pratos preparados)	kg	69 157 150	68 299 769	195 984 990
Concentrado de tomate	kg	306 620 728	217 041 786	182 723 637
Bagaços e outros resíduos sólidos, mesmo triturados ou em pellets, provenientes da extração do óleo de soja	kg
Frangos, galos e galinhas em pedaços (inclui metades, quartos, dorsos, peitos, coxas, bifes e outros), frescos ou refrigerados	kg	51 849 198	50 037 430	137 607 219
Outros produtos da atividade	//	//	//	...
Total de Produtos Produzidos	//	//	//	10 529 208 480

De notar que a indústria dos alimentos e bebidas mantém-se num todo inalterada, em termos de importância relativa às Indústrias Transformadoras, face a crises, depressões e crescimentos económicos [23]; conclui-se que é um setor estável e, como tal, podemos esperar que também os resíduos provenientes das suas atividades económicas se mantenham constantes ao longo do tempo.

1.2.5 Classificação de Resíduos

A principal classificação utilizada a nível europeu e, consequentemente, nacional é a Lista Europeia de Resíduos (LER). Publicada pela decisão 2014/955/UE, de 18 de dezembro, pela Comissão Europeia, esta lista é uma harmonização de vários resíduos que tem em conta a sua origem e composição. A sua aplicação é obrigatória e diretamente aplicável a todos os Estados-Membro e entrou em vigor em 2015. O código LER atribuído a um resíduo pelo produtor não pode nunca ser alterado sem que os respetivos resíduos sejam sujeitos a uma operação de valorização ou eliminação.

Segundo esta decisão, uma substância ou objeto só é considerado resíduo a partir do momento em que o detentor dela tem a intenção, obrigação ou ação de se desfazer da(o) mesma(o).

No total, figuram 842 entradas de códigos LER. Esta lista é composta por 20 capítulos, numerados de 01 a 20, que dizem respeito às atividades geradoras de resíduos, incluindo industriais, urbanas, agrícolas e hospitalares, e processos produtivos em geral.

Cada capítulo encontra-se dividido em subcapítulos identificados por códigos de 4 dígitos. Dentro destes subcapítulos, encontram-se listados uma série de resíduos resultantes da atividade, classificados com 6 dígitos.

Uma unidade industrial pode ter de classificar a sua atividade em vários capítulos de acordo com a fase do processo de fabrico.

Esta é a classificação adotada pela APA no seu guia de classificação de resíduos [24], em conformidade com a política europeia de classificação de resíduos. No entanto, como pode ser observado na tabela do Anexo III deste trabalho, não há uma especificação da qualidade dos resíduos produzidos pelo que não podemos inferir o tipo de biomassa residual produzida pelas diversas atividades industriais.

Portugal é ainda obrigado a reportar, a nível nacional e supervisionado pela APA, uma lista de estabelecimentos industriais «cujos poluentes e/ou resíduos se encontram acima do limiar europeu». Esta obrigação é descrita no artigo 7º do Regulamento CE nº 166/2006, de 18 de janeiro (Regulamento *Pollutant Release and Transfer Register*, PRTR europeu), tendo sido aprovada pela Decisão 2006/61/CE, de 2 de dezembro de 2005 (Decisão PRTR) [25]. A divulgação destes dados tem como principal objetivo a consulta pública de dados através de uma plataforma na qual figuram parâmetros como o nome do estabelecimento, a atividade industrial exercida, a transferência de resíduos e a localização geográfica [26].

No entanto, à data de elaboração deste texto, não foi possível consultar a plataforma uma vez que esta não se encontra em funcionamento.

O INE disponibiliza a consulta, na sua base de dados *online*, da quantidade de resíduos setoriais produzidos anualmente, por tonelada, organizados por tipo de resíduo e atividade económica (CAE – rev.3) (ver acima). Um exemplo pode ser encontrado na Tabela 1.3.

Tabela 1.3 - Resíduos de papel e cartão (não perigosos) por atividade económica. Dados relativos a Portugal no ano de 2016.

Adaptado de: INE [27]

Período de referência a dos dados	Localização geográfica	Resíduos sectoriais produzidos (t) por Tipo de resíduo (CER-stat) e Actividade Económica (CAE Rev. 3); Anual						
		Tipo de resíduo (CER-stat)						
		Resíduos de papel e cartão (não perigosos)						
		Actividade Económica (CAE Rev. 3)						
		Agricultura, produção animal, caça, floresta e pesca	Indústrias alimentares, das bebidas e do tabaco	Fabricação de têxteis, indústria do vestuário, do couro e dos produtos do couro	Indústria da madeira (excepto mobiliário), da cortiça e suas obras e fabricação de obras de espartaria e cestaria	Fabricação de pasta, papel, cartão e seus artigos, impressão e reprodução de suportes gravados	Fabricação de produtos químicos e de fibras sintéticas e artificiais, de produtos farmacêuticos, de borracha e plásticos	Fabricação de mobiliário e de colchões, outras indústrias transformadoras e de manutenção/reparação e/ou instalação de máquinas e equipamentos
2016	Portugal	857	23310	17028	1362	102788	8789	3685

Resíduos sectoriais produzidos (t) por Tipo de resíduo (CER-stat) e Actividade económica (CAE Rev. 3); Anual – INE, Resíduos sectoriais

Os dados no *Eurostat* [28], relativos a resíduos florestais, agrícolas e de pesca produzidos em território europeu e nacional, mostram que, em 2014, os resíduos desta natureza representaram pouco mais de 2% do total de resíduos a nível dos EU-28 [29] bem como a nível nacional, com cerca de 49 281 toneladas em 2014 [30], de um total de 14 586 917 toneladas de lixo produzido no mesmo ano [31].

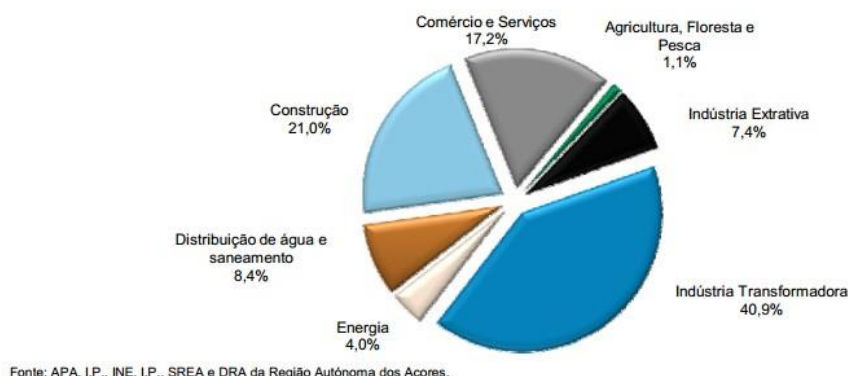


Figura 1.2 - Distribuição de resíduos não perigosos gerados por setores económicos. Fonte: INE [32]

Em 2014, o setor empresarial produtivo gerou cerca de 11,3 milhões de toneladas de resíduos, dos quais 80% tiveram como destino a valorização. Como visto na Figura 1.2, o setor da indústria transformadora destaca-se como o principal gerador de resíduos por secção de atividade económica, tendo gerado, em 2014, 2,7 milhões de toneladas de resíduos. Entre estes, dá-se especial destaque à indústria de pasta, papel e cartão que foi responsável por produzir 528,6 mil toneladas de resíduos [32].

1.2.5.1 Caracterização dos subprodutos agroindustriais de natureza lenhocelulósica

Embora a informação anterior seja útil, é ainda assim pouco discriminada e específica, não respondendo integralmente às necessidades de informação solicitadas pela indústria de produção de biocombustíveis. Em 2007, um grupo de trabalho do LNEG, publicou um artigo no qual pretendia identificar mais detalhadamente os subprodutos agroalimentares de origem vegetal que podem ser matéria-prima

preferencial a ser utilizada em contexto de biorefinaria. Este trabalho continha um levantamento das quantidades dos subprodutos identificados como mais relevantes em Portugal Continental, organizados por NUTS II. Os resultados deste estudo foram obtidos através de um inquérito às empresas em atividade no setor agroalimentar. Verificou-se que a região do Algarve era a menos industrializada, contribuindo com apenas 1,7% das instalações industriais dos setores considerados no estudo. A região Centro contava com 49,8% do total de instalações, enquanto as regiões Norte e Alentejo apresentavam uma contribuição mais ou menos equitativa, de 23,1% e 18,9%, respetivamente [33].

Na

Tabela 1.4 encontram-se descritas as quantidades dos subprodutos identificados com maior potencialidade de valorização, organizados por setor estudado.

Tabela 1.4 - Subprodutos mais relevantes em Portugal Continental, quantidade total nacional e humidade característica à saída da unidade transformadora. Adaptado de: Duarte et al. [33]

Setor Industrial	Material	Total Nacional (t/ano)	Humidade (%)
Destilarias	Grainha de uva	5400,0	10
Destilarias	Borra de vinho sem álcool	8992,0	-
Vinícola	Engaços	9316,0	20
F&H	Casca de frutos rijos	13584,0	11
Óleos	Bagaço de azeitona extratado (BAE)	23475,0	11
F&H	Repiso de tomate	30768,9	70
Arroz	Casca de arroz	34535,7	13
Frutas & Hortícolas (F&H)	Polpa de alfarroba	40000,0	10
Destilarias	Bagaço de uva sem álcool	69840,0	20
Cerveja	Dreche cervejeira	97536,2	50 – 80

O elevado teor de humidade da dreche cervejeira e do repiso de tomate dificultam o aproveitamento energético destes subprodutos. Ambos os subprodutos, assim como a polpa de alfarroba, têm como destino principal a alimentação animal.

A borra de uva sem álcool destina-se totalmente a valorização agrícola, enquanto o bagaço de uva sem álcool é utilizado maioritariamente para queima, valorização agrícola e extração de óleo, sendo apenas destinada ao setor de alimentação animal uma parte quase negligenciável deste subproduto. O destino primário da grainha de uva é a extração de óleo. Os engaços estão destinados à valorização agrícola. Grande parte do BAE é destinado a valorização energética na própria unidade industrial e o restante é vendido.

As cascas de frutos rijos consistem principalmente em cascas de amêndoas e de pinhão cujo destino primário é a queima.

A casca de arroz é utilizada para camas de animais, principalmente em aviários.

Em termos de valor comercial, os valores estão resumidos na Tabela 1.5. Não é de esperar que tenham variado muito desde 2007, com exceção da polpa de alfarroba que poderá ter encontrado um mercado nicho de exportação para o Médio-Oriente, de onde é originalmente a alfarrobeira [34, 35].

Tabela 1.5 - Valores comerciais dos vários subprodutos agroindustriais, em euros por tonelada. Adaptado de: Duarte *et al.* [33]

Subproduto agroindustrial	Valor comercial (€/t)
Repiso de tomate	0
Dreche cervejeira	18
BAE	30
Casca de arroz	30
Casca de pinhão	30
Casca de amêndoa	70
Polpa de alfarroba	120

É tido em conta que, para além de abundantes, os resíduos agroindustriais são descritos como não perigosos, facilmente biodegradáveis, baratos e potencialmente valorizáveis [33]. Estas características fazem com que os sobrantes agrícolas e agroindustriais sejam uma matéria-prima preferencial para valorização.

O tratamento de resíduos de qualquer tipo por parte da indústria acarreta custos, pelo que a valorização destes resíduos é desejada. Na sua maioria, os subprodutos agrícolas e agroindustriais são vendidos como ração e camas de animais, como é o caso da dreche cervejeira e da casca de arroz, respetivamente [33].

1.3 Materiais lenhocelulósicos (MLC)

Tanto os resíduos agrícolas como os resíduos agroindustriais apresentam uma estrutura química complexa, devido à sua natureza lenhocelulósica, o que dificulta a sua valorização. Para obter biocombustíveis, são necessários vários pré-tratamentos para quebrar as ligações vistas na Figura 1.3, que podem ser bastante demorados e dispendiosos tanto energética como economicamente.

Há que considerar também que, apesar de terem um potencial de valorização apreciável, a variedade destes materiais traduz-se em maiores custos de investimento, operação e manutenção das instalações, que associados aos custos de recolha e transporte de matéria-prima terão de ser avaliados [36].

O MLC é composto por celulose, hemiceluloses e lenhina, podendo ser processado de modo a obter bioetanol de 2ª geração. O pré-tratamento que se faz a este material tem como objetivo perturbar as estruturas da lenhina e das hemiceluloses (como vistas na Figura 1.3 e na Figura 1.4) e /ou removê-las, reduzir a cristalinidade da celulose e aumentar a porosidade das matérias tratadas [37].

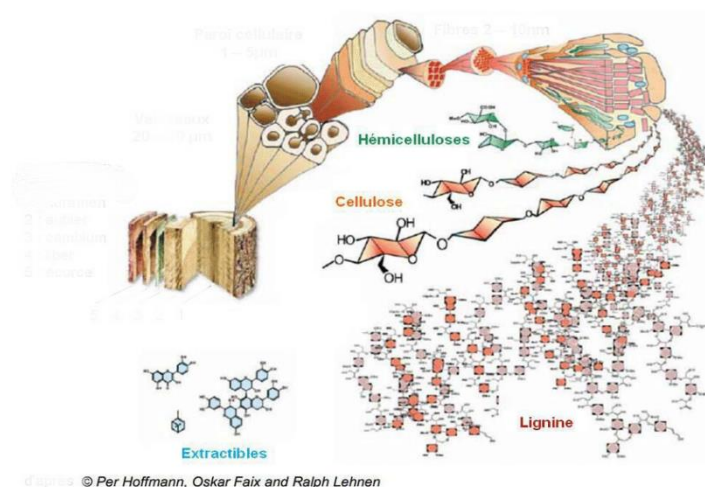


Figura 1.3 - Figura ilustrativa da composição da biomassa lenhocelulósica. Os principais componentes são: celulose, hemicelulose e lenhina. Imagem por: [38]

Existem 3 tipos de pré-tratamento: físicos, químicos, biológicos ou combinados. As tecnologias de produção de biocombustíveis a partir dos MLC por via bioquímica são, geralmente, a sacarificação e a fermentação. Por via termoquímica, incluem a gaseificação e a pirólise. Os processos termoquímicos têm como vantagem a utilização de praticamente todo o tipo de biomassa, com necessidade de pouco pré-tratamento para além do controle da humidade, embora resultados mais recentes tenham demonstrado que os métodos de pré-tratamento podem também ser úteis neste enquadramento [39].

No caso da plataforma bioquímica, é possível calcular o potencial de conversão destes materiais em bioetanol (EtOH), de fórmula química geral C_2H_6O , através da caracterização química do material (Figura 1.4).



Figura 1.4 - Estrutura química dos MLC (celulose, hemicelulose e lenhina) e respetiva conversão em etanol através da fermentação.

Enquanto a celulose pode ser diretamente convertida nos açúcares glucose (Glu) (de fórmula química geral $C_6H_{12}O_6$), manose (Man) e galactose (Gal), a hemicelulose é dividida em pentosanas, de fórmula química geral $C_5H_8O_4$, e hexosanas, de fórmula química geral $C_6H_{10}O_5$, nas quais as xilanas se apresentam como o composto predominante das pentosanas e, por hidrólise, produzem as pentoses xilose (X) e arabinose (Ara) [40]. A xilose é o monossacárido mais abundante na hemicelulose e apresenta uma fórmula química geral $C_5H_{10}O_5$ [41].

Em termos de rendimento esperado no processo de conversão em bioetanol, este é baseado na seguinte reação (Equação 1.1):



Teoricamente, o rendimento desta reação será de 0,51 gramas (g) de etanol produzido por cada grama de glucose do material [42].

1.3.1 As biorefinarias

Uma maneira de contornar a complexa estrutura química dos MLC poderá passar pelo aproveitamento destes materiais em contexto de biorefinaria (Figura 1.5).

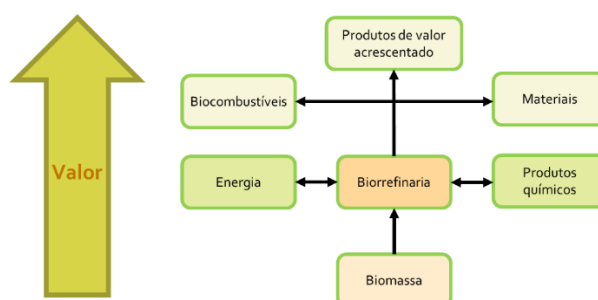


Figura 1.5 - Esquema representativo do conceito de biorefinaria.

Uma biorefinaria é uma instalação industrial semelhante a uma refinaria de petróleo, na medida em que, a partir da biomassa, é capaz de produzir múltiplos bioprodutos, incluindo biocombustíveis. É considerada a primeira instalação a conseguir fazê-lo de uma forma eficaz. É um conceito que ainda não se encontra concretizado em território português pois apresenta constrangimentos a nível económico, nomeadamente relativos ao custo da matéria-prima, investimento, O&M, e de recolha e transporte já referidos na secção anterior. É considerado que, para o desenvolvimento a nível nacional deste tipo de instalação, será necessária a implementação de incentivos, através de legislação, que assegurem a viabilidade das biorefinarias a médio e longo prazo. No entanto, o mesmo acontece com instalações de produção de energia a partir de outras fontes renováveis (eólica, hídrica, etc.). A produção de coprodutos de valor acrescentado permitirá rentabilizar as biorefinarias numa pequena a média escala [43].

Um pouco por todo o Mundo, este conceito já é aplicado em contexto comercial, embora muitas destas instalações ainda sejam de demonstração ou piloto e aplicados, essencialmente, a culturas energéticas. A capacidade máxima de produção pode chegar às 300 000 toneladas de etanol por ano, utilizando uma tecnologia de produção híbrida, i.e., combinando as plataformas bioquímica e termoquímica de modo a aumentar a eficiência do processo. Os Estados Unidos apresentam-se como o principal produtor de bioetanol, com uma produção anual estimada em 50 000 milhões de litros, em 2009 [39].

Em termos do potencial de conversão de material lenhocelulósico em bioetanol, é esperado que, mesmo assumindo um rendimento teórico de 76%, o potencial de conversão dos sobranes de milho sejam superiores a 500 litros por tonelada de biomassa (L/t) [42]. Embora as espécies das culturas agrícolas não sejam as mesmas, é exptável que os sobranes agrícolas estudados neste trabalho apresentem valores de conversão em etanol por tonelada na mesma grandeza.

Deste modo, não só será possível gerar valor através dos resíduos e subprodutos, pelo aproveitamento sucessivo em cadeia, mas também criar uma nova economia que beneficiará tanto produtores como consumidores, disponibilizando uma oferta de recursos prolífera, diversa e de baixo custo (Figura 1.5), a bioeconomia.

1.3.2 A bioeconomia

As biorefinarias apresentam-se como instrumentos capazes de gerar uma cadeia de produtos de valor acrescentado através de resíduos, a serem utilizados pelas mais diversas indústrias. Assim, já não é possível enquadrá-las no modelo de economia mais comum: a economia linear (Figura 1.6).

Numa economia circular (Figura 1.7), a gestão de resíduos toma um papel crucial no aproveitamento dos recursos. O modelo linear de produção, que recorre frequentemente à exploração de recursos naturais, não é sustentável e é pouco eficiente. Há uma clara oportunidade de gerar valor através do aproveitamento de resíduos.

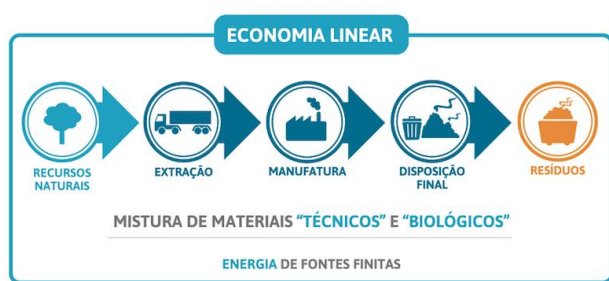


Figura 1.6 - Modelo de economia linear. Fonte: [44]

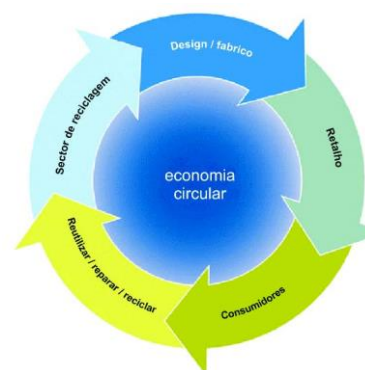


Figura 1.7 - Modelo de economia circular. Fonte: [45]

Mais recentemente, a questão da valorização de resíduos ganhou um novo fôlego face à vaga de incêndios que assolou o país. O ministro da Economia renovou a vontade de avançar com vários projetos de criação de centrais de biomassa e biorefinarias, como resposta à falta de limpeza e ordenamento florestal e agrícola, cujos resíduos resultantes agravam a propagação dos incêndios [46]. Em 2016, a APREN reportava um total de 5 centrais de biomassa, com uma potência instalada total correspondente a 209 MW [47].

Através da Resolução da Assembleia da República nº 71/2018, aprovada a 19 de janeiro [48], a Assembleia da República recomenda a criação de um «programa de promoção da utilização da biomassa florestal» em esperanças de, com os sistemas de biomassa em regime de autoconsumo, criar uma alternativa aos sistemas de aquecimento a gás e eletricidade. Em seguida, através da Resolução da Assembleia da República nº 73/2018, aprovada em 19 de janeiro de 2018 [49], é recomendada a criação de um «programa de redução e controlo da biomassa florestal». Este será coordenado pelo ICNF. Os objetivos passam pela recolha e concentração da biomassa agroflorestal, para o abastecimento a centrais de biomassa dedicadas, e pela sua utilização nas operações das explorações agropecuárias, sendo a matéria vegetal resultante da limpeza dos matos e sobrantes da atividade agroflorestal utilizada como fertilizante natural, quer através de compostagem quer por incorporação direta após estilhagem.

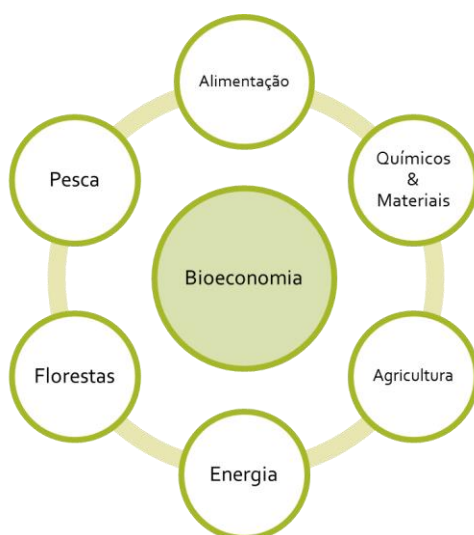


Figura 1.8 - A bioeconomia integra os demais setores representados de modo a que uma indústria consiga suprir as necessidades de outra através dos seus subprodutos e resíduos.

Em 2014, a Administração Pública Portuguesa teve gastos de quase metade da despesa total efetuada no domínio do Ambiente com a gestão de resíduos [32]. A bioeconomia dedica-se à valorização de resíduos com o objetivo de os converter em energia, biocombustíveis e outros bioprodutos de valor acrescentado. O uso do solo e a segurança alimentar são priorizados através de uma utilização sustentável, eficiente e livre de resíduos. Desse modo, a bioeconomia contribui para uma economia circular, onde os resíduos são praticamente inexistentes e sempre valorizados, uma vez que a quantidade de biomassa produzida de forma sustentável é ainda muito limitada [9].

A denominada «economia verde» representa já cerca de quatro biliões de euros a nível global, crescendo anualmente a uma taxa 4%. Mais concretamente, na UE representava já, em 2010, 2.5% do PIB (Produto Interno Bruto) global com uma previsão de crescimento anual de 30% até 2025 [50].

A eletricidade em Portugal é das mais caras da Europa, especialmente quando associada ao poder de compra dos portugueses [51]. Aplicada ao território nacional, a bioeconomia pode ajudar a diminuir o preço da eletricidade, através do aumento de fontes energéticas afetas ao setor das fontes de energia

renovável, que apresentam dados de produção muito positivos [52], e a dependência de produtos petrolíferos do setor dos transportes.

1.4 Projetos de quantificação de biomassa residual para fins energéticos

1.4.1 Projeto Bioatlas

O projeto Bioatlas [53], financiado pelo COMPETE, consiste num mapeamento digital, disponível *online* para consulta pública, dos recursos de biomassa florestal e agrícola e respetivo potencial energético. É possível, através desta plataforma, aceder à localização geográfica de unidades de processamento de biomassa e a distribuição de recursos que incluem podas, palhas e material lenhocelulósico residual, no território de Portugal Continental.

As instalações identificadas nesta plataforma compreendem unidades de processamento de etanol, misturas de biomassa residual, estilhas para energia térmica, lenha, *pellets* lenhosas, *agri-pellets*, briquetes *premium*, briquetes de resíduos, caroço de azeitona, cascas, biogás e biodiesel.

O objetivo é ser uma plataforma *online* interativa e contributiva, na qual os produtores preenchem os dados relativos à respetiva produção. Infelizmente, pese embora a excelência da plataforma, e da informação de base recolhida, a utilização por produtores / detentores de biomassa residual, demonstrando as suas disponibilidades não foi ainda explorada pelos interessados, pelo que esta plataforma apresenta um potencial que não está a ser aproveitado.

Mais, a identificação dos produtores / detentores da biomassa não foi completa, tendo a informação recolhida sido essencialmente baseada em cartas de ocupação de solo, pelo que esta plataforma informa de potenciais disponibilidades de biomassa ao nível dos sectores agroflorestais, mas não identifica os *stakeholders* detentores da biomassa (falta correlação com o cadastro de proprietários). Da análise feita, parece também sub-representar os *stakeholders* industriais.

1.4.2 Projeto Biomass Energy Europe (BEE)

Os objetos de estudo deste projeto [54] foram os setores florestal, de culturas energéticas, resíduos da agricultura tradicional e desperdícios, baseando-se numa base de dados de literatura técnico-científica, de cerca de 250 estudos do potencial bioenergético ao nível dos UE – 27. Foram selecionados 28 dos 250 estudos com base em critérios de seleção que variaram desde a cobertura geográfica ao tipo de potencial energético analisado, passando pela vigência temporal do documento. Este projeto decorreu de 2008 a 2010. Deu origem a projetos com base na mesma literatura, como os projetos *Bioboost* (2012 a 2015) [55], *BiomassFutures* (2009 a 2012) [56] e *Classification of European Biomass for Bioenergy Using Terrestrial and Earth Observations* (CEUBIOM) (2008 a 2010) [57].

Todos estes projetos se propuseram a harmonizar a informação disponível de modo a criar bases de dados passíveis de serem mutualmente integradas para um fácil acesso à informação, com o objetivo de formarem uma ferramenta de ajuda à tomada de decisões e definição de estratégias ao nível europeu. No entanto, ao contrário do projeto BioAtlas, não trata informação primária, apenas informação publicada, o que pode limitar a sua representatividade.

1.4.3 Projeto Europrunning

Este projeto [58] toma uma abordagem prática, cuja proposta é analisar e otimizar o processo logístico, que inclui a recolha, o transporte e o armazenamento de resíduos da poda agrícola com recurso a protótipos desenvolvidos no âmbito desta iniciativa. O objetivo passa por extrapolar os resultados obtidos nas demonstrações realizadas em Espanha, na França e na Alemanha. Como os restantes projetos

abordados nesta secção, pretende-se integrar os resultados obtidos de forma a serem aplicados noutros países. Este projeto explora essencialmente uma vertente experimental, mas restringida às podas de pomares.

1.4.4 A estratégia deste trabalho

Este trabalho explora uma estratégia alternativa e complementar às descritas anteriormente. A nível agrícola, recorre aos dados estatísticos para a identificação do potencial de produção de sobrantes, numa estratégia mais próxima dos dados oficiais recolhidos pelos organismos responsáveis (Direções Regionais de Agricultura e INE) relativos à produção de produtos agrícolas e não baseado nos mapas de ocupação do solo da Direção Geral do Território (www.dgterritorio.pt) que apenas são atualizados a cada 15 anos (última atualizações: 1980, 1995 e 2010). A utilização de dados de produção permitirá ter dados anuais, mais atualizados e que possibilitam uma análise temporal. Ao nível industrial a opção foi para contactar os serviços oficiais responsáveis pelo licenciamento (ver acima) por forma a também obter dados que permitam a identificação dos *stakeholders* relevantes. Esta estratégia permitirá a criação de um recenseamento / base de sondagem para trabalhos futuros, mas dará já também uma clara identificação do potencial nacional de sobrantes e resíduos lenhocelulósicos, numa perspetiva georreferenciada, cruzando informação com dados estatísticos publicados.

2 Metodologia

2.1 Levantamento da disponibilidade de resíduos agroindustriais

Procedeu-se a uma estimativa dos resíduos agroindustriais e agrícolas, através dos dados de produção agrícola. Os rácios utilizados foram otimizados pelo LNEG através da literatura e informação recolhida junto de produtores, e estão discriminados na Tabela 2.1, consoante a indústria considerada e respetivo resíduo produzido, e na Tabela 2.2, por cultura e respetivo sobranço.

As estatísticas do INE das séries “Estatísticas da Produção Industrial” e “Estatísticas Agrícolas”, ambas elaboradas anualmente, foram especialmente úteis.

Na Tabela 2.1 encontram-se os rácios resíduo/produto considerados na estimativa das quantidades de casca de arroz e de dreche cervejeira, em tonelada de resíduo por tonelada de biomassa, em base seca.

Tabela 2.1 - Rácios resíduo/produto utilizados para estimar a quantidade de subprodutos agroindustriais produzidos.

Indústria	Subproduto	Valor do rácio resíduo/produto (t resíduo/t biomassa, base seca)	Referência
Arroz	Casca de arroz	0.2	[59]
Cerveja	Dreche cervejeira	0.04 ^a	[60]

^a Este rácio apresenta unidades diferentes, sendo produzidos 0.04 kg de subproduto por litro de cerveja.

A Tabela 2.2 apresenta os valores considerados para o rácio resíduo/produto usado para estimar a quantidade de resíduos agrícolas produzidos, em tonelada de resíduo por tonelada de biomassa, em base seca.

Tabela 2.2 - Rácios resíduo/produto utilizados para estimar a quantidade de sobranços agrícolas produzidos.

Cultura	Material/Resíduo	Valor do rácio resíduo/produto (t resíduo/t biomassa, base seca)	Referência
Arroz	Palha	1.2	[59]
Girassol	Palha	3.0	[61]
Milho p/ grão	Palha	0.8	[59]
Ameixa	Podas	0.6	Assumido igual às oliveiras
Amêndoa	Podas	0.6	Assumido igual às oliveiras
Azeitona para mesa	Podas	0.6	[61]
Azeitona para azeite	Podas	0.6	[61]
Castanha	Podas	0.6	Assumido igual às oliveiras
Cereja	Podas	0.6	Assumido igual às oliveiras
Kiwi	Podas	0.6	Assumido igual às oliveiras
Laranja	Podas	0.6	Assumido igual às oliveiras
Maçã	Podas	0.6	Assumido igual às oliveiras
Noz	Podas	0.6	Assumido igual às oliveiras
Pera	Podas	0.6	Assumido igual às oliveiras
Pêssego	Podas	0.6	Assumido igual às oliveiras
Tangerina	Podas	0.6	Assumido igual às oliveiras
Uva de mesa	Podas	1.2	[62]
Uva para vinho	Podas	1.2	[62]

Para muitos dos rácios discriminados na Tabela 2.2, assumiu-se um valor igual ao rácio das podas das oliveiras depois do contato com produtores nacionais [63], que confirmaram tratar-se de uma boa aproximação para a estimativa das quantidades de podas produzidas.

Para efeitos de análise estatística das produções de sobrantes agrícolas, foram utilizadas as Regiões Agrárias definidas pelo Decreto-lei nº 46/1989, de 15 de fevereiro, representadas na Figura 2.1. Os mapas de distribuição geográfica não apresentam estas divisões, mas a discussão de dados envolve a análise dos setores agroindustriais de Portugal Continental distribuídos por estas regiões, sempre que necessário.

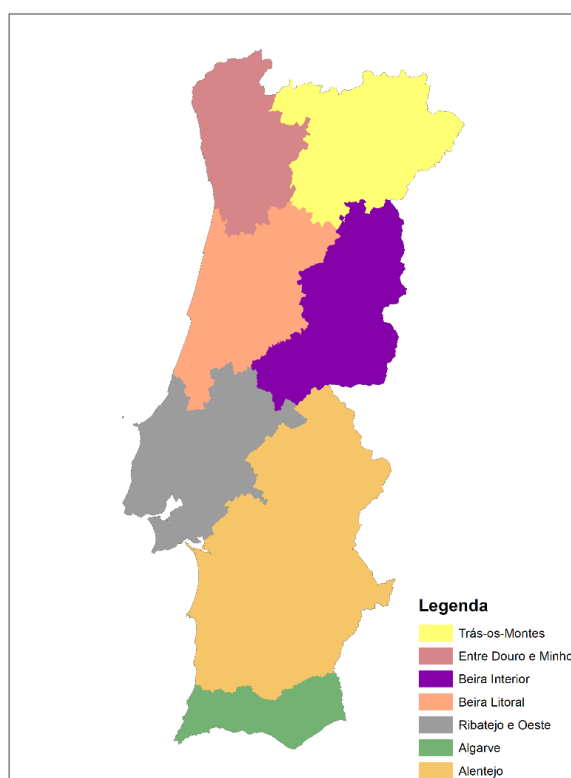


Figura 2.1 - Regiões agrárias de Portugal. Elaborado com recurso ao *software* ArcGIS. Adaptado de: [64]

As Regiões Agrárias foram utilizadas porque são divisões estatísticas do território português continental que não se alteraram ao longo do tempo, pelo que os dados históricos se mantêm fidedignos.

2.2 Caraterização da agroindústria em Portugal Continental

De modo a caraterizar a agroindústria presente no território de Portugal Continental, foi criada e analisada uma base de dados de 132 códigos CAE – Rev. 3 considerados relevantes, tendo em conta o conhecimento prévio da agroindústria portuguesa obtido através do estudo efetuado pelo grupo de trabalho do LNEG, em 2007, [33] e os dados de produção industrial do INE [22]. As atividades económicas analisadas e respetivos códigos CAE – Rev. 3 encontram-se extensivamente discriminados na Tabela 2.3.

O potencial nacional para a produção de biocombustíveis a partir de resíduos

Tabela 2.3 - Códigos CAE – Rev. 3 relevantes para a caracterização de atividades dos subsetores agroindustriais portugueses.

Fonte: [12]

CAE	Designação da atividade	Setor
10810	Indústria do açúcar	Açúcar
20152	Fabricação de adubos orgânicos e organo-minerais	Adubos
10711	Panificação	Alimentação
10712	Pastelaria	Alimentação
10720	Fabricação de bolachas, biscoitos, tostas e pastelaria de conservação	Alimentação
10730	Fabricação de massas alimentícias, cuscuz e similares	Alimentação
10822	Fabricação de produtos de confeitaria	Alimentação
10840	Fabricação de condimentos e temperos	Alimentação
10850	Fabricação de refeições e pratos pré-cozinhados	Alimentação
10860	Fabricação de alimentos homogeneizados e dietéticos	Alimentação
10891	Fabricação de fermentos, leveduras e adjuvantes para panificação e pastelaria	Alimentação
10892	Fabricação de caldos, sopas e sobremesas	Alimentação
10893	Fabricação de outros produtos alimentares diversos, n.e.	Alimentação
10911	Fabricação de pré-misturas	Alimentação
10612	Descasque, branqueamento e glaciagem de arroz	Arroz
10412	Produção de azeite	Azeite (lagares)
11072	Fabricação de refrigerantes e de outras bebidas não alcoólicas, n.e.	Bebidas não alcoólicas
20591	Fabricação de biodiesel	Biocombustíveis
20143	Fabricação de álcool etílico de fermentação	Biocombustíveis
19203	Fabricação de briquetes e aglomerados de hulha e linhite	Biomassa
20141	Fabricação de resinosos e seus derivados	Biomassa
20142	Fabricação de carvão (vegetal e animal) e produtos associados	Biomassa
10830	Indústria do café e do chá	Café e chá
10110	Abate de gado (produção de carne)	Carne
10120	Abate de aves (produção de carne)	Carne
10130	Fabricação de produtos à base de carne	Carne
10411	Produção de óleos e gorduras animais brutos.	Carne
11050	Fabricação de cerveja	Cerveja
20520	Fabricação de colas	Colas
35210	Produção de gás	Combustíveis Gasosos (inclui biogás)
13941	Fabricação de cordoaria	Cordoaria
16293	Indústria de preparação da cortiça.	Cortiça
16294	Fabricação de rolhas de cortiça	Cortiça
16295	Fabricação de outros produtos de cortiça	Cortiça
15111	Curtimenta e acabamento de peles sem pêlo	Curtumes
15113	Curtimenta e acabamento de peles com pêlo	Curtumes
21100	Fabricação de produtos farmacêuticos de base	Farmacêutica
01630	Preparação de produtos agrícolas para venda	F & H ^a
10310	Preparação e conservação de batatas	F & H ^a
10320	Fabricação de sumos de frutas e de produtos hortícolas	F & H ^a
10391	Congelação de frutos e de produtos hortícolas	F & H ^a
10392	Secagem e desidratação de frutos e produtos hortícolas	F & H ^a
10393	Fabricação de doces, compotas, geleias e marmelada	F & H ^a
10394	Descasque e transformação de frutos de casca rija comestíveis	F & H ^a
10395	Preparação e conservação de frutos e produtos hortícolas por processos, n.e.	F & H ^a
10821	Fabricação de cacau e chocolate	F & H ^a
10510	Indústrias do leite e derivados	Laticínios

10520	Fabricação de gelados e sorvetes	Laticínios
16101	Serração de madeira	Madeira
16211	Fabricação de painéis de partículas de madeira	Madeira
16212	Fabricação de painéis de fibras de madeira	Madeira
16213	Fabricação de folheados, contraplacados, lamelados e outros painéis	Madeira
16220	Parqueteria	Madeira
16240	Fabricação de embalagens de madeira	Madeira
16291	Fabricação de outras obras de madeira	Madeira
16292	Fabricação de obras de cestaria e de espartaria	Madeira
31091	Fabricação de mobiliário de madeira para outros fins	Madeira
32991	Fabricação de canetas, lápis e similares	Madeira
32995	Fabricação de caixões mortuários em madeira	Madeira
10611	Moagem de cereais	Moagens
10613	Transformação de cereais e leguminosas, n.e.	Moagens
10620	Fabricação de amidos, féculas e produtos afins	Moagens
10413	Produção de óleos vegetais brutos (exceto Azeite)	Óleos
10414	Refinação de azeite, óleos e gorduras	Óleos
10420	Fabricação de margarinas e de gorduras alimentares similares	Óleos
11011	Fabricação de aguardentes preparadas	Outras bebidas alcoólicas
11012	Fabricação de aguardentes não preparadas	Outras bebidas alcoólicas
11013	Produção de licores e de outras bebidas destiladas	Outras bebidas alcoólicas
11030	Fabricação de cidra e outras bebidas fermentadas de frutos.	Outras bebidas alcoólicas
11040	Fabricação de vermouths e de outras bebidas fermentadas não destiladas.	Outras bebidas alcoólicas
11060	Fabricação de malte	Outras bebidas alcoólicas
17110	Fabricação de pasta	Pasta & Papel
17120	Fabricação de papel e de cartão (exceto canelado).	Pasta & Papel
17211	Fabricação de papel e cartão canelado (inclui embalagens)	Pasta & Papel
17212	Fabricação de outras embalagens de papel e cartão	Pasta & Papel
17220	Fabricação de artigos de papel para uso doméstico e sanitário	Pasta & Papel
17290	Fabricação de outros artigos de pasta de papel, de papel e de cartão	Pasta & Papel
20411	Fabricação de sabões, detergentes e glicerina	Perfumaria
20420	Fabricação de perfumes, de cosméticos e de produtos de higiene	Perfumaria
20530	Fabricação de óleos essenciais	Perfumaria
10201	Preparação de produtos da pesca e da aquicultura	Pesca
10202	Congelação de produtos da pesca e da aquicultura	Pesca
10203	Preparação e conservação de peixe e outros produtos do mar	Pesca
10204	Salga, secagem e outras transformações de produtos da pesca e aquicultura	Pesca
20144	Fabricação de outros produtos químicos orgânicos de base, n.e.	Produtos Químicos
10912	Fabricação de alimentos para animais de criação	Rações
10913	Fabricação de alimentos para aquicultura	Rações
10920	Fabricação de alimentos para animais de companhia	Rações
20160	Fabricação de matérias plásticas sob formas primárias	Resinas
12000	Indústria do tabaco	Tabaco
13101	Preparação e fiação de fibras do tipo algodão	Têxtil
13102	Preparação e fiação de fibras do tipo lã	Têxtil
13103	Preparação e fiação da seda e preparação e texturização de filamentos sintéticos e artificiais	Têxtil
13105	Preparação e fiação de linho e outras fibras têxteis	Têxtil
13201	Tecelagem de fio do tipo algodão	Têxtil
13202	Tecelagem do fio de tipo lã	Têxtil

13203	Tecelagem do fio de tipo seda e de outros têxteis	Têxtil
11021	Produção de vinhos comuns e licorosos	Vinho
11022	Produção de vinhos espumantes e espumosos	Vinho

^a Frutos e hortícolas

Cada mapa, elaborado utilizando o *software* de sistema de informação geográfica ArcGIS, representa a distribuição de empresas e estabelecimentos geograficamente por setor, devidamente identificado na Tabela 2.3. Como tal, não serão identificadas nem empresas nem estabelecimentos e não serão discriminadas por atividade económica, via CAE - Rev. 3, por questões de confidencialidade dos dados. No entanto essa base de dados está disponível no LNEG para consulta sob pedido fundamentado.

Uma análise primária a esta base de dados permitiu estabelecer que as empresas incluídas possuem mais do que um CAE, não sendo possível identificar a sua atividade principal, pelo que uma mesma empresa pode aparecer representada em mais do que um setor estabelecido na Tabela 2.3.

É importante referir que não foram considerados agentes de comercialização nem indústrias do tratamento de resíduos porque estão fora da linha de aproveitamento.

Foram considerados pequenos produtores devido à escassez de informação da quantidade e qualidade dos resíduos produzidos por estes, tendo sido considerado que poderão produzir resíduos de natureza semelhante aos dos grandes estabelecimentos e, assim, reforçar o fornecimento de matéria-prima das centrais de biomassa e biorefinarias.

2.3 Outras bases de dados utilizadas

Em março de 2017, a GS1 Portugal concedeu acesso à sua base de dados de empresas. A GS1 Portugal é uma associação que trabalha no ramo da inovação e competitividade, cujo objetivo é facilitar a logística da cadeia de valor das empresas, através da criação de *standards* e promovendo a relação entre os vários agentes através da gestão de dados dos produtos fornecidos. A empresa representa cerca de 8000 entidades [65]. Trabalham com informações qualitativas e quantitativas dos produtos oferecidos e respetivos volumes de negócio.

A base de dados fornecida pela GS1 Portugal contém informação pertinente à atividade realizada no estabelecimento industrial, pelo que foi utilizada na ótica de confirmar o estado de atividade do estabelecimento industrial (se este se encontrava em funcionamento ou não) e de confirmação da atividade exercida pelo mesmo, através da consulta do código CAE – rev. 3, bem como para avaliar a potencial dimensão da empresa por volume de vendas.

Após serem ultrapassadas algumas questões burocráticas, em setembro de 2017, o IAPMEI disponibilizou a consulta da sua base de dados para efeitos de realização deste trabalho. Nesta base de dados constam os estabelecimentos industriais licenciados em Portugal Continental, respetiva entidade coordenadora e localização (ao nível do distrito, concelho e freguesia), assim como o regime de licenciamento a que cada um está sujeito, tipologia do estabelecimento e código CAE – rev. 3 associado ao número de trabalhadores que exercem a atividade.

A base de dados *Amadeus* [66] trabalha com dados de natureza financeira de mais de 21 milhões de empresas europeias, tanto públicas como privadas. Era esperado que se pudesse retirar daqui indicadores económicos que permitisse realizar pelo menos uma extrapolação da quantidade de produto, baseado no

seu preço de venda, mas tal não foi possível pois uma fração significativa das empresas apresenta registos englobados de transações financeiras não discriminados por produtos.

Similar à *Amadeus*, o *website* Raciús recolhe, trata e disponibiliza informação sobre as empresas nacionais. O motor de busca conta com mais de 10 milhões de registos, não só de empresas [67]. Através desta base de dados, foi possível confirmar o estado de atividade da empresa (em funcionamento ou não, em processo de insolvência, em processo de revitalização), também através da informação sobre os relatórios disponíveis ao longo dos anos de funcionamento, e a atividade exercida, através da consulta do código CAE – rev. 3.

Durante a análise da base de dados, em preparação para a caracterização geográfica de cada setor incluído neste trabalho como agroindustrial, verificaram-se algumas discrepâncias e ausência de dados considerados relevantes para os resultados a serem obtidos nesta dissertação. Como tal, revelou-se necessária a consulta e cruzamento de informação das 3 bases de dados. Estes problemas serão discutidos em maior detalhe no próximo capítulo.

A pesquisa pelos estabelecimentos industriais foi sempre efetuada utilizando o Número de Identificação de Pessoa Coletiva (NIPC), ou Número de Identificação Fiscal (NIF), dos estabelecimentos e pessoas singulares, por serem o denominador comum mais fidedigno partilhado pelas 3 bases de dados. O NIF de proprietários singulares não é rastreável através da *web*, o que impossibilitou a confirmação de atividade de muitos dos estabelecimentos industriais registados com NIPC individuais. Quando o registo do estabelecimento apresentava um NIPC individual mas também o nome do próprio estabelecimento, e não do proprietário, recorreu-se às redes sociais e motores de busca para confirmar informações. O *site* Facebook foi particularmente útil pois apresenta informação organizada cronologicamente. Foram considerados em atividade estabelecimentos cujas páginas apresentassem publicações do último semestre de 2017.

2.4 Caracterização química da biomassa lenhocelulósica

A caracterização química dos materiais lenhocelulósicos é realizada tendo por base os protocolos laboratoriais discriminados na Tabela 2.4. Apresentam-se no anexo IV, de forma resumida, os protocolos utilizados.

Tabela 2.4 - Procedimentos laboratoriais a serem efetuados, com respetivas referências bibliográficas, ordenados por ordem cronológica de realização. Fonte: NREL [68]

Procedimento	Referência
Preparação das amostras para análise composicional	[69]
Determinação dos sólidos totais na biomassa e sólidos totais dissolvidos nas amostras líquidas	[70]
Determinação do conteúdo de cinzas na biomassa	[71]
Determinação do conteúdo de proteínas na biomassa	[72]
Determinação dos extrativos na biomassa	[73]
Determinação dos polissacáridos estruturais e da lenhina na biomassa	[74]
Determinação de açúcares, bioproductos e produtos de degradação na fração líquida das amostras	[75]
Determinação do amido nas amostras sólidas da biomassa por HPLC	[76]
Determinação da concentração de lenhina solúvel em ácido através da espectroscopia UV-Vis	[77]

A partir destes procedimentos laboratoriais, é possível obter a quantificação dos componentes estruturais dos MLC, discutidos na secção 1.3 deste trabalho, e determinar o respetivo potencial de conversão em bioetanol.

2.5 Estimativa do potencial de conversão em bioetanol

A estimativa do potencial de produção de bioetanol é feita recorrendo ao seguinte modelo estequiométrico bioquímico, desenvolvido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos [78], constituído por duas equações:

$$EtOH = \left(\frac{1,136 \text{ libras de açúcar C5}}{1 \text{ libra de açúcar polimérico C5}} \right) \times \left(\frac{0,51 \text{ libras de etanol}}{1 \text{ libra de açúcar}} \right) \times \left(\frac{2000 \text{ libras}}{US \text{ short ton}} \right) \times \left(\frac{1 \text{ galão de etanol}}{6,55 \text{ libras de etanol}} \right) \times \left(\frac{1}{100} \% \right) \quad 2.1$$

Através da equação 2.1, é possível estimar o volume de etanol obtido através das pentoses que constituem o material. A equação 2.2 permite obter o volume de etanol obtido através das hexoses presentes no material:

$$EtOH = \left(\frac{1,11 \text{ libras de açúcar C6}}{1 \text{ libra de açúcar polimérico C6}} \right) \times \left(\frac{0,51 \text{ libras de etanol}}{1 \text{ libras de açúcar}} \right) \times \left(\frac{2000 \text{ libras}}{US \text{ short ton}} \right) \times \left(\frac{1 \text{ galão de etanol}}{6,55 \text{ libras de etanol}} \right) \times \left(\frac{1}{100} \% \right) \quad 2.2$$

Uma vez que as equações incluem unidades de massa e volume normalmente utilizadas apenas nos Estados Unidos, é necessário proceder a algumas conversões de unidades para unidades do Sistema Internacional (SI), exceto para a unidade de volume litro (L). Os valores utilizados são apresentados na tabela seguinte.

Tabela 2.5 - Tabela de conversões das quantidades de massa e volume em unidades US / SI.

Unidades US	Unidades SI
1 libra (US)	0,454 kg
1 galão (US)	3,78541 L
1 US short ton/2000 libras (US)	907,185 kg

O litro não é a unidade de volume SI mas será a principal unidade de volume utilizada neste trabalho. Na tabela seguinte são apresentadas as massas molares assumidas nos cálculos. Chama-se especial atenção para os valores assumidos para os polissacáridos.

Tabela 2.6 - Tabela de equivalências das massas molares, em gramas por mole.

Composto químico	Massa molar (g/mol)
Hexosanas (C ₆ H ₁₀ O ₅)	162
Pentosanas (C ₅ H ₈ O ₄)	132
Hexoses (C ₆ H ₁₂ O ₆)	180
Pentoses (C ₅ H ₁₀ O ₅)	150
Sacarose (C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁)	342
Etanol (C ₂ H ₆ O)	46

A sacarose tem de ser considerada no caso de alguns subprodutos, que não apresentam a mesma constituição lenhocelulósica que os restantes subprodutos agroindustriais e sobrantes agrícolas estudados.

A densidade do etanol é convertida para as unidades pretendidas através da seguinte expressão, utilizando os valores da Tabela 2.5 e das equações 2.1 e 2.2:

$$\text{Densidade do etanol} = 6,55 \times \frac{0,454}{3,78541} = 0,785 \text{ kg/L}$$

Na tabela seguinte, considera-se o rendimento em termos de volume de etanol obtido por unidade mássica do material considerado.

Tabela 2.7 – Rendimentos assumidos para os processos de hidrólise e fermentação.

Compostos químicos	Hidrólise	Fermentação
Hexose	1 mol/mol	-
	1,11 g/g	
Pentose	1 mol/mol	-
	1,05 g/g	
Hexose (Sacarose)	2 mol/mol	-
	1,05 g/g	
EtOH/Hexose	-	2 mol/mol
		0,51 g/g
		0,651 L/kg
EtOH/Pentose	-	1,67 mol/mol
		0,51 g/g
		0,651 L/kg

2.6 Cálculo do Biotechnological Valorization Potencial Indicator (BVPI)

De modo a estudar o potencial de utilização dos MLC identificados, foi utilizado o Indicador de Potencial de Valorização Biotecnológico [36]. Este indicador permite caraterizar os aspetos biológicos e físico-químicos, económicos, tecnológicos e geográficos do potencial de valorização dos MLC através da atribuição de um valor relativo ^a, como observado na Tabela 2.8, na Tabela 2.9, na Tabela 2.10 e na Tabela 2.11

Na Tabela 2.8 constam as classificações atribuídas no BVPI relativas aos fatores biológicos e físico-químicos considerados por este indicador.

O potencial nacional para a produção de biocombustíveis a partir de resíduos

Tabela 2.8 - Fatores biológicos e físico-químicos considerados e respetivas classificações.

Fatores	Critérios	Classificação
Natureza biológica	Herbáceas	3
	Resinosas	2
	Folhosas	1
	Misturas	0
Composição macromolecular (fração principal ou relevante)	Mono, dissacarídeos ou amido	3
	Hemicelulose (C6)	2
	Hemicelulose (C5)	1
	Celulose	1
	Proteína/outros	0
	Lenhina	0
Humidade (%)	<15	3
	<40	2
	40 – 80	1
	>80	0
Caraterísticas físicas	Materiais moles e de alta densidade	3
	Materiais moles e de baixa densidade	2
	Materiais duros e de alta densidade	1
	Materiais duros e de baixa densidade	0

Na Tabela 2.9 constam as classificações atribuídas no BVPI relativas aos fatores económicos considerados por este indicador.

Tabela 2.9 – Fatores económicos considerados e respetivas classificações.

Fatores	Critérios	Classificação
Sazonalidade	Todo o ano	3
	<9 meses	2
	<6 meses	1
	<3 meses	0
Valor económico (€/t)	<0	3
	0 – 40	2
	40 – 120	1
	>120	0
Dependência do mercado	Alta	3
	Média	2
	Baixa	1
	Nula	0

Na Tabela 2.10 constam as classificações atribuídas no BVPI relativas aos fatores tecnológicos considerados por este indicador.

O potencial nacional para a produção de biocombustíveis a partir de resíduos

Tabela 2.10 - Fatores tecnológicos considerados e respetivas classificações.

Fatores	Critérios	Classificação
Tecnologia/destino atualmente aplicado	Nenhum	3
	Energia	2
	Reciclagem/valorização	1
	Reutilização	0
	Matéria-prima industrial	0
Estado de desenvolvimento da tecnologia de valorização	Madura	3
	Demonstração	2
	Desenvolvimento	1
	Nula	0

Na Tabela 2.11 constam as classificações atribuídas no BVPI relativas aos fatores geográficos considerados por este indicador.

Tabela 2.11 - Fatores geográficos considerados e respetivas classificações.

Fatores	Critérios	Classificação
Quantidades disponíveis (atuais ou potenciais, t/ano)	> 80 000	3
	< 80 000	2
	< 24 000	1
	< 8000	0
Concentração geográfica (t/(ano Região))	> 80 000	3
	< 80 000	2
	< 24 000	1
	< 8000	0
Restrições políticas/legais (situação face à valorização)	Obrigatório/fortemente apoiado	3
	Apoiado/subsidiado	2
	Neutro	1
	Proibido	0

Como se pode perceber, a utilização deste indicador não pretende substituir a realização de uma análise de viabilidade técnico-económica mais detalhada.

^a O indicador tem uma escala de 0 a 3 para cada fator, em que 0 é o valor mínimo e 3 o valor máximo; quanto maior a classificação, maior será o potencial de valorização. Resultados, tratamento de dados e discussão

3 Revisão bibliográfica

O conceito de “resíduos agroindustriais” não está totalmente definido e confunde-se por vezes com o conceito de biomassa. Apenas é possível inferir do que se trata através das definições de resíduos industriais, agrícolas e com o conhecimento de que as áreas florestais presentes no território de Portugal Continental não são, na realidade, florestas de conservação, mas quase na sua maioria, exceto as áreas protegidas, culturas comerciais, mormente para a indústria da pasta e papel.

Verificou-se então que a informação relativa a este tipo de resíduos é escassa e se encontra dispersa, como evidenciado pela variedade de fontes bibliográficas consultadas. Assim, o processo de recolha de dados sobre os estabelecimentos industriais afetos à agroindústria em Portugal Continental foi moroso e encontrou diversas barreiras burocráticas, demorando mais do que o esperado.

Como se pode analisar na Tabela 1.1, as entidades coordenadoras para a instalação e alteração destes estabelecimentos variam desde as câmaras municipais até à Direção-Geral de Energia e Geologia, pelo que, se não fosse a base de dados fornecida pelo IAPMEI - esta descentralização da informação contribuiria para uma tarefa que, mesmo assim, se revelou bastante morosa.

A publicação de 2007 do grupo de trabalho do LNEG relativa à caracterização dos resíduos agroindustriais de natureza lenhocelulósica permitiu a identificação dos subprodutos com maior potencial de valorização e respetivas quantidades, através do contato direto com os produtores da indústria agroalimentar. No entanto, apenas foram considerados resíduos destes setores, o que é um objeto de estudo limitado comparado com as restantes agroindústrias consideradas neste trabalho.

Outros problemas, identificados no próprio estudo, tiveram como origem o tipo de abordagem usada e reportam à falta de resposta de unidades industriais com pouca capacidade instalada (que podem ou não ser relevantes), a confidencialidade dos dados devido ao reduzido número de instalações e a especificidade das matérias-primas tratadas, como é o caso do açúcar, e ainda a baixa taxa de resposta por setor, o que não permite uma caracterização fiável, como foi, por exemplo, o caso do setor do café (8%) [33].

O INE é uma fonte de dados estatísticos bastante fidedigna e eclética. A informação disponibilizada é obtida através de recenseamentos, inquéritos por amostragem e fontes administrativas, sendo os inquéritos respondidos por organizações e cidadãos [79]. Contudo, os estabelecimentos industriais considerados nas Estatísticas da Produção Industrial não se referem a todos os estabelecimentos em atividade no território nacional e sim àqueles que têm um volume de negócios (VN) superior a 10 M€ e superior a 1 M€ no caso de exercerem atividades afetas aos códigos CAE – rev. 3 de subclasses 10510, 10611, 10613, 10830, 11021, 16100, 16290 e 17110, 19201 e 29100 [22].

O INE articula informação de bases de dados afetas à APA, através do SILiAmb e do SIRER, de modo a obter estatísticas relativas à produção e natureza de resíduos da indústria portuguesa.

No entanto, como visto na

, utilizando como exemplo os dados relativos à produção de resíduos de papel e cartão (não perigosos), é possível verificar que a localização geográfica é muito abrangente, incluindo provavelmente o território total de Portugal Continental e os arquipélagos da Madeira e Açores, sendo que não é possível segregar a informação por regiões estatísticas. Por outro lado, não se consegue associar a produção de resíduos a um produto da atividade industrial em específico uma vez que, mais uma vez, a abrangência de produção dentro das atividades económicas é demasiado grande.

Relativamente aos relatórios disponibilizados pela APA, através do PRTR, o mais recente refere-se a dados de 2013 e concentra-se na emissão de poluentes e produção de resíduos associada a cada estabelecimento industrial e quantidade produzida. No entanto, os códigos de atividade utilizados são específicos do PRTR, o que dificulta a identificação da atividade, e o tipo de resíduo é apenas classificado como “perigoso” ou “não perigoso”, não sendo feita uma identificação específica [80].

O projeto Bioatlas criou uma plataforma de localização geográfica de consulta de recursos energéticos, incluindo resíduos das atividades agrícola e agroflorestal, e dos vários estabelecimentos de processamento de materiais com interesse para o assunto abordado nesta dissertação. No entanto, verificou-se que qualquer utilizador registado pode alterar estes dados, o que se por um lado é uma vantagem muito significativa da plataforma se aproveitada e validada, por outro compromete a fidedignidade e rigor dos dados consultados através da plataforma, se tal fosse feito.

A nível internacional, tomando como exemplo os projetos referidos na introdução, verificou-se que, apesar de muita da literatura considerada apresentar vários cenários de aproveitamento energético, esta encontra-se muitas vezes desatualizada e não é feita uma caracterização aprofundada do que são as necessidades energéticas e respetivos recursos de biomassa residual dos vários países europeus.

Também há que notar que os dados disponíveis no *Eurostat* dizem respeito apenas a uma conjugação de resíduos florestais, agrícolas e de pesca. Nesse sentido, e embora se verifique pouco peso destes resíduos na totalidade produzida, justifica-se a necessidade de saber rigorosamente a quantidade de resíduos relativos à totalidade do setor agroindustrial para compreender a potencialidade da valorização energética dos mesmos.

3.1 Bases de dados consultadas

O valor estimado de estabelecimentos industriais no território de Portugal Continental, pertencentes aos setores estudados neste trabalho, foi de 14887. Este número pode estar sobrestimado devido às discrepâncias encontradas na base de dados, discutidas adiante, mas também desatualizado, graças aos incêndios que assolaram o território em 2017.

Relativamente aos registos cuja atividade se adequa aos 132 códigos CAE – Rev. 3, foram apurados 217 registos de estabelecimentos encerrados, 31 registos de “teste” e 3 registos de estabelecimentos em processo de revitalização.

A base de dados do IAPMEI apresenta 15221 registos de instalação e alteração de estabelecimentos industriais. Foi necessário considerar as alterações aos estabelecimentos industriais pois, de outro modo, alguns estabelecimentos industriais mais antigos com uma produção considerável não estariam a ser contabilizados.

Da totalidade dos 15221 registos, 7006 não apresentavam CAE pelo que foi necessário cruzar informações, recorrendo à base de dados fornecida pela GS1 Portugal e ao *website* da Raciús. Esta pesquisa acabou por ser alargada a todos os registos pois verificou-se que vários estabelecimentos haviam encerrado ou encontravam-se em insolvência. Foram apurados 310 registos de estabelecimentos industriais encerrados, 15 registos de estabelecimentos que se encontravam em processo de insolvência e 3 registos de estabelecimentos em processo de revitalização (os mesmos contabilizados anteriormente).

A base de dados do IAPMEI continha vários registos de estabelecimentos industriais repetidos, pelo que não é possível confirmar com certeza o número de estabelecimentos em Portugal Continental. Por um lado, podem ser o mesmo estabelecimento, tendo sido cometido algum erro de registo, mas, por outro, pode dar-se o caso do estabelecimento possuir mais do que uma unidade de produção no mesmo local, com características de produção diferentes. Como não dispomos de uma cronologia dos registos, só através do contato direto com a unidade de produção é que será possível averiguar estas condições fidedignamente.

Para efeitos de estimativa da quantidade total de estabelecimentos industriais em Portugal Continental, considerou-se apenas um estabelecimento caso os vários registos partilhassem o NIPC, designação do estabelecimento e localização (ao nível das freguesias).

Foram encontradas discrepâncias em mais de 70 registos de estabelecimentos em respeito aos códigos CAE – rev. 3 registados nas 3 bases de dados, i.e., existem diversos registos de estabelecimentos cujos códigos CAE – rev. 3 divergem em pelo menos duas das bases de dados consultadas neste trabalho. Existem 40 registos registados como teste na base de dados do IAPMEI.

Não foram encontrados registos de estabelecimentos industriais na base de dados do IAPMEI com os seguintes códigos CAE – rev. 3: 32510 (Produção de gás), 15113 (Curtimenta e acabamento de peles com pêlo), 32991 (Fabrico de canetas, lápis e similares) e 01630 (Acondicionamento de frutos e produtos hortícolas acondicionados em gases inertes para os mercados principais).

Existem muitas instalações com vários códigos CAE – Rev. 3, ou seja, que exercem mais do que uma atividade económica nas suas instalações. É o caso de instalações que, por exemplo, fazem a produção e refinação de azeite.

A localização das empresas não estava incluída nos dados fornecidos pela GS1 Portugal, o que impossibilitou o aproveitamento da informação disponibilizada para além dos códigos CAE – Rev. 3, juntamente com a descrição da atividade económica a eles associada, e uma estimativa do volume de negócios anual, uma vez que a GS1 apresenta a quota adaptada ao escalão em que se insere a empresa, que é dado em intervalos de valores do volume de negócios anual.

Verificou-se que o *site* Racijs.com possuía muitos registos não atualizados, embora alegadamente seja atualizado diariamente [67].

Verificou-se que, no caso da base de dados *Amadeus*, não foi possível utilizar a mesma por não possuir dados diretamente ligados à produção e que, consequentemente, não permitiriam inferir os tipos de resíduos produzidos pelas empresas/unidades industriais. O acesso a esta base de dados também se revelou um entrave à sua utilização, dado o facto de apenas se encontrar disponível em algumas instituições de ensino superior e o elevado custo monetário a pagar pelo pleno acesso.

Também é de referir que a classificação de atividade económica das empresas nesta base de dados é feita por NACE – Rev. 2; apesar de haver uma correspondência entre este sistema de classificação e a classificação CAE – Rev. 3, a consulta nesta base de dados torna-se bastante morosa.

3.2 Sobrantes agrícolas

3.2.1 Estimativa da quantidade de produção de sobrantes agrícolas (1986 – 2016)

O estudo temporal da disponibilidade dos sobranes da atividade agrícola permite uma análise mais detalhada à viabilidade dos sobranes agrícolas como matéria-prima a ser usada num contexto de aproveitamento energético da biomassa.

Embora este estudo apenas possa ser efetuado em unidades estatísticas de área muito elevada, i.e., Regiões Agrárias, esta análise é importante para garantir a segurança de abastecimento de uma unidade de aproveitamento destes sobranes.

Assim, seguidamente são apresentados gráficos de estimativas, utilizando os rácios resíduo/produto da Tabela 2.2, referentes a um período de 30 anos (1986 – 2016). As quantidades encontram-se na unidade de tonelada de sobranes agrícolas produzidos em base seca.

Relativamente às quebras de produção evidentes em todos os gráficos, estas devem-se a vários fatores, nomeadamente pragas, instabilidade climática e outros. Por exemplo, em 2016, nos pomares, verificou-se «um decréscimo de produção devido à fraca diferenciação florar, ao deficiente vingamento dos frutos, à ocorrência de doenças criptogâmicas e ao atraso na maturação dos frutos» [18].

A figura 3.1 apresenta a evolução da estimativa da quantidade de sobranes agrícolas provenientes do cultivo de milho entre 1986 e 2016.

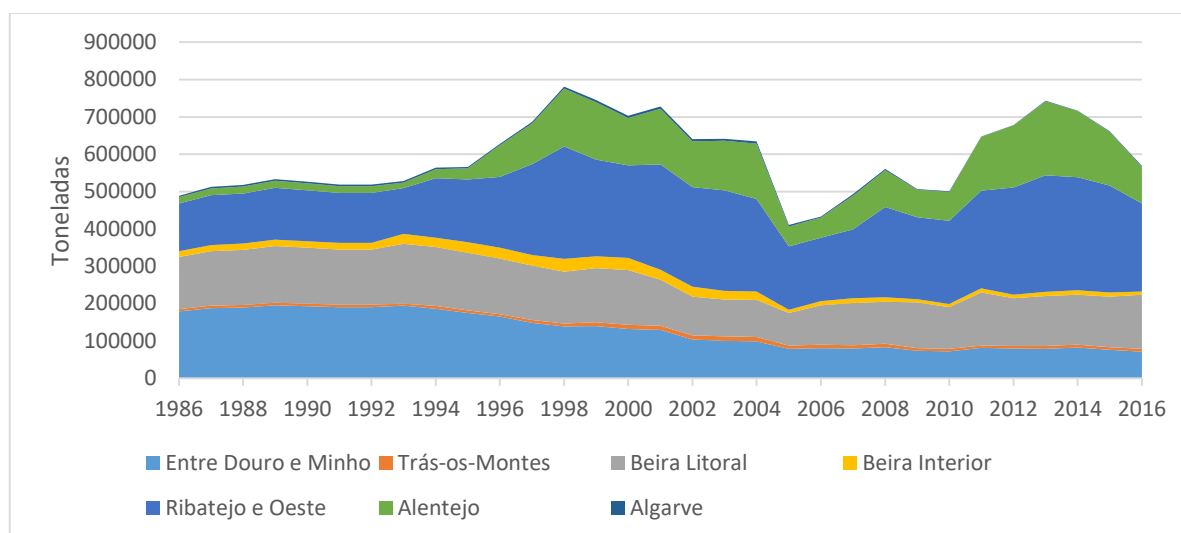


Figura 3.1 - Estimativa da produção de sobranes resultantes do cultivo de milho (palha e carolo), em toneladas, de 1986 a 2016.

As quantidades dos sobranes de milho são muito elevadas e encontram-se dispersas geograficamente, passando pelas regiões Alentejo, Ribatejo e Oeste e Beira Litoral, com uma expressão menos significativa na região do Entre Douro e Minho, onde o milho é essencialmente cultivado para silagem. Os principais sobranes são o carolo e a cana de milho.

A figura 3.2 apresenta a evolução da estimativa da quantidade de sobranes agrícolas provenientes do cultivo de arroz entre 1986 e 2016.

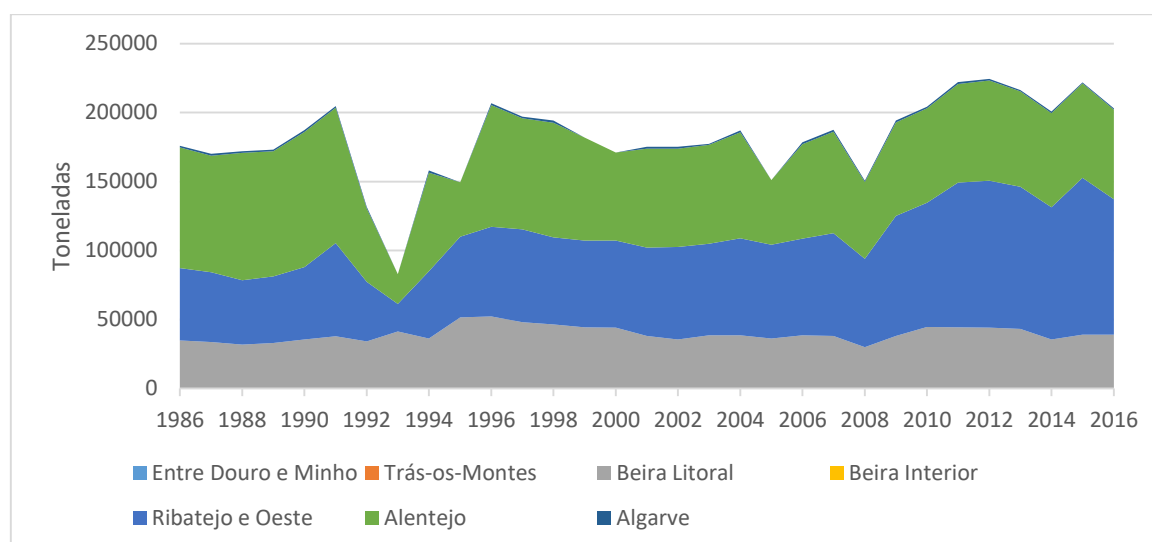


Figura 3.2 - Estimativa da produção de sobranes resultantes do cultivo de arroz (palha), em toneladas, de 1986 a 2016.

A produção de arroz encontra-se distribuída quase equitativamente pelas regiões do Alentejo, Ribatejo e Oeste e Beira Litoral, apresentando elevadas quantidades de sobranes, maioritariamente de palha de arroz. Apesar de uma quebra acentuada da produção de arroz na região do Alentejo, em 1993, é possível concluir através do gráfico que a produção de sobranes da cultura do arroz é bastante constante ao longo do tempo.

A figura 3.3 apresenta a evolução da estimativa da quantidade de sobranes agrícolas provenientes do cultivo de girassol entre 1986 e 2016.

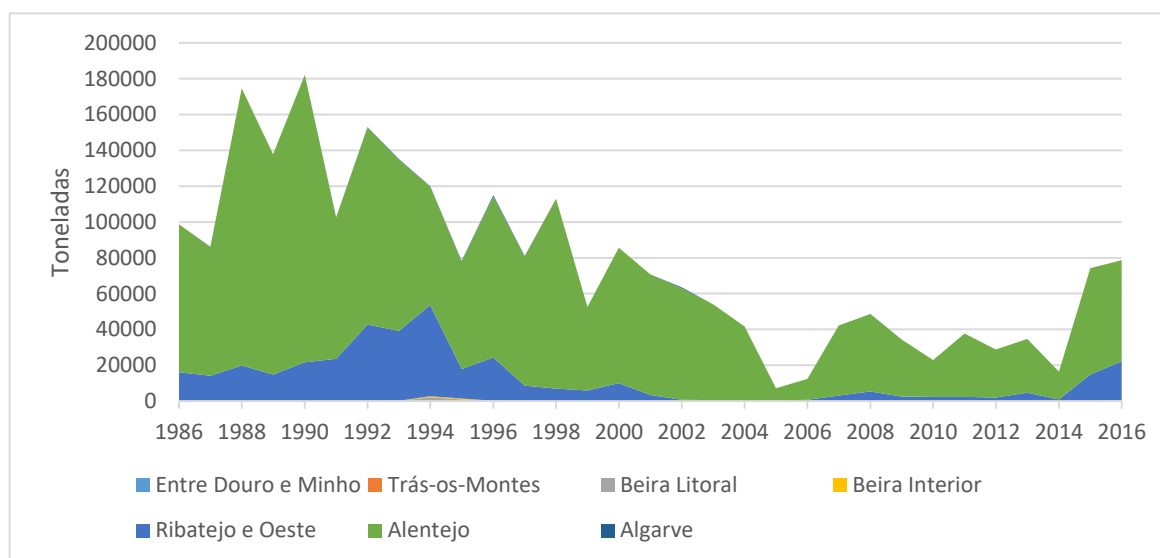


Figura 3.3 - Estimativa da produção de palha resultante do cultivo de girassol, em toneladas, de 1986 a 2016.

A produção de girassol em Portugal foi muito significativa, principalmente nas regiões do Alentejo e do Ribatejo e Oeste até meados da década de 1990. No entanto, a produção de girassol e, consequentemente, da palha de girassol apresenta uma evolução temporal decrescente e muito irregular, embora apresente uma tendência crescente nos últimos dois anos de produção, como representado no gráfico.

A figura 3.4 apresenta a evolução da estimativa da quantidade de sobranes agrícolas provenientes da produção de ameixa entre 1986 e 2016.

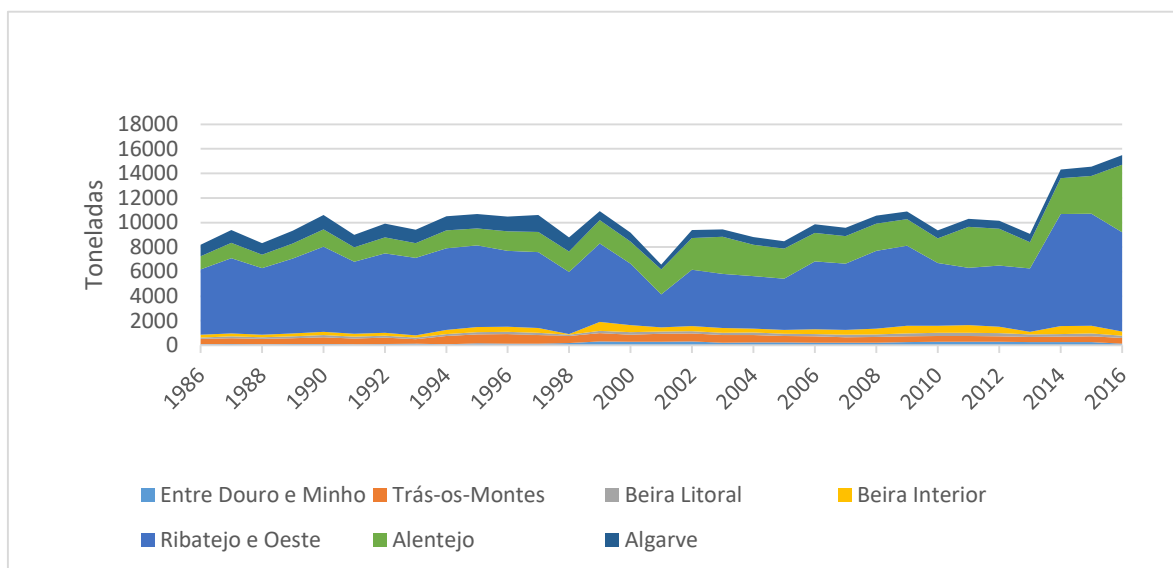


Figura 3.4 - Estimativa da produção de podas resultantes do cultivo da ameixa, em toneladas, de 1986 a 2016.

As quantidades de sobranes da produção da ameixa são muito baixas quando comparadas com as quantidades dos sobranes de outras culturas, mesmo havendo um crescimento de produção nos últimos anos. A sua produção encontra-se maioritariamente concentrada nas regiões do Ribatejo e Oeste e Alentejo. No entanto, ao contrário das anteriores esta é uma cultura permanente, pelo que a disponibilidade de sobranes tenderá a ser mais constante, dada a instalação dos povoamentos (pomares).

A figura 3.5 apresenta a evolução da estimativa da quantidade de sobranes agrícolas provenientes da produção de amêndoa entre 1986 e 2016.

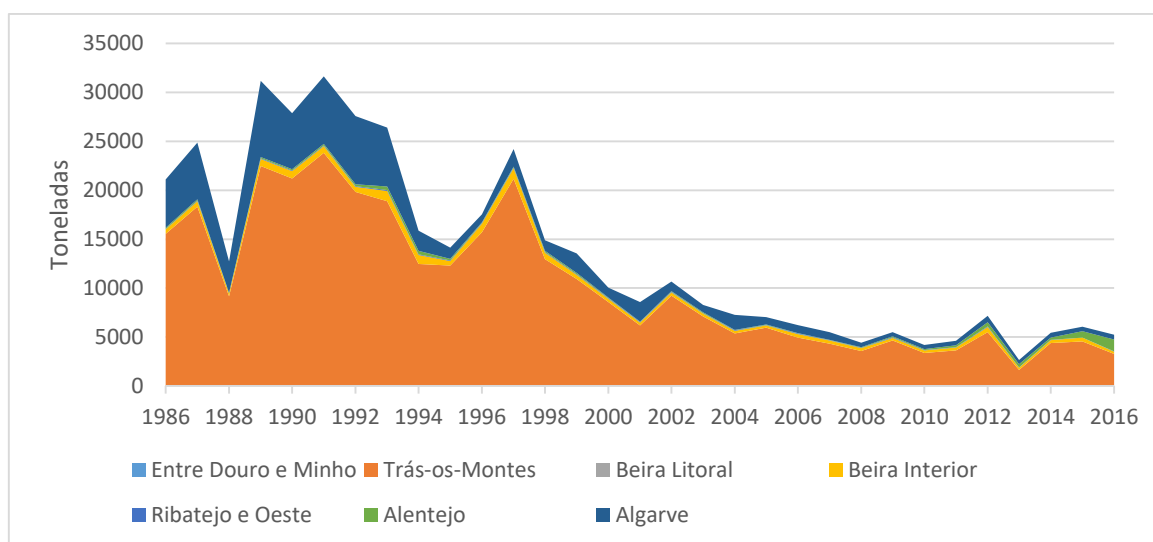


Figura 3.5 - Estimativa da produção de podas resultantes do cultivo da amêndoa, em toneladas, de 1986 a 2016.

A produção de amêndoa sofreu um decréscimo de produção muito significativo desde 1997. A sua produção já tinha apresentado grandes quebras em 1988 e 1994, pelo que não se pode considerar uma cultura que apresente valores de produção constantes ao longo do tempo.

Embora fosse expectável, em 2007, um aumento da produção de amêndoa [33] até porque se trata de uma cultura permanente, i.e., a cultura demora um pouco mais a produzir, este aumento não se verificou. Nos últimos dois anos, é possível observar um crescimento na produção do Alentejo como consequência da aposta na produção de amêndoa nesta região. No entanto, a quantidade total em Portugal Continental é quase negligenciável quando comparada com outras culturas.

A figura 3.6 apresenta a evolução da estimativa da quantidade de sobranes agrícolas provenientes da produção de azeitona de mesa entre 1986 e 2016.

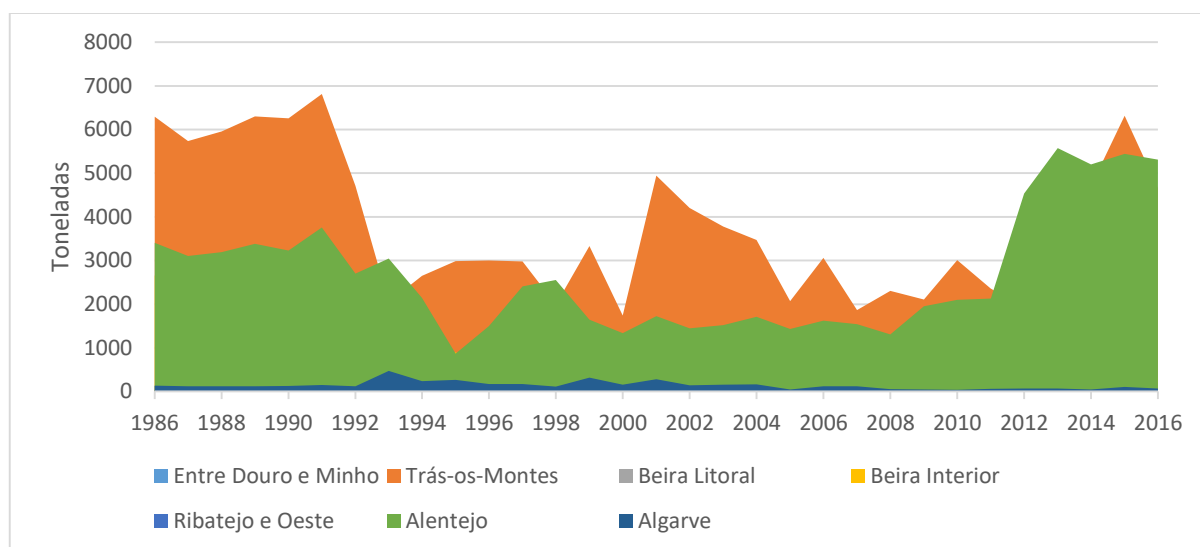


Figura 3.6 - Estimativa da produção de podas resultantes do cultivo da azeitona de mesa, em toneladas, de 1986 a 2016.

A quantidade de produção de azeitona de mesa é quase negligenciável quando comparada com outras culturas praticadas em Portugal Continental e é especialmente baixa quando comparada com a quantidade de produção de sobranes das oliveiras que produzem azeitona para produção de azeite (Figura 3.7). A produção dos sobranes do cultivo da azeitona de mesa encontrava-se principalmente concentrada nas regiões do Alentejo e de Trás-os-Montes, embora tenha sido sempre irregular na região de Trás-os-Montes e se localize atualmente no Alentejo, como visto na figura acima.

A figura 3.7 apresenta a evolução da estimativa da quantidade de sobranes agrícolas provenientes da produção de azeitona para azeite entre 1986 e 2016.

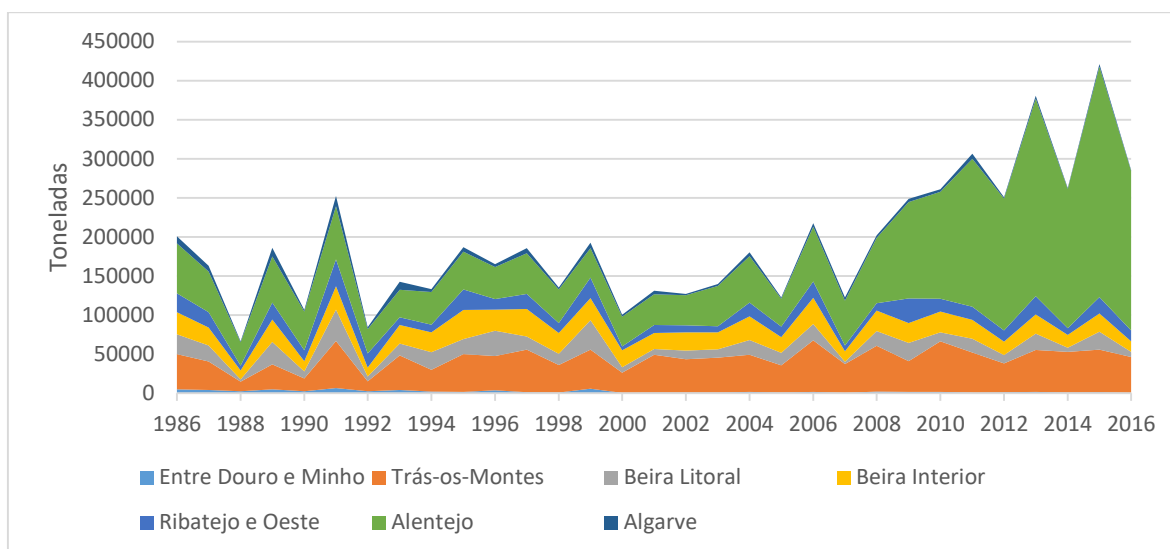


Figura 3.7 - Estimativa da produção de podas resultantes do cultivo da azeitona para produção de azeite, em toneladas, de 1986 a 2016.

A produção de podas dos olivais referentes ao cultivo da azeitona para produção de azeite é muito superior à produção de podas dos olivais de azeitona de mesa (Figura 3.6), embora ambas tenham registado um aumento significativo na região do Alentejo nos últimos anos.

A produção de azeitona para azeite não parece ser muito regular ao longo do tempo, embora apresente elevadas quantidades de sobrantes do seu cultivo.

A figura 3.8 apresenta a evolução da estimativa da quantidade de sobrantes agrícolas provenientes da produção de castanha entre 1986 e 2016.

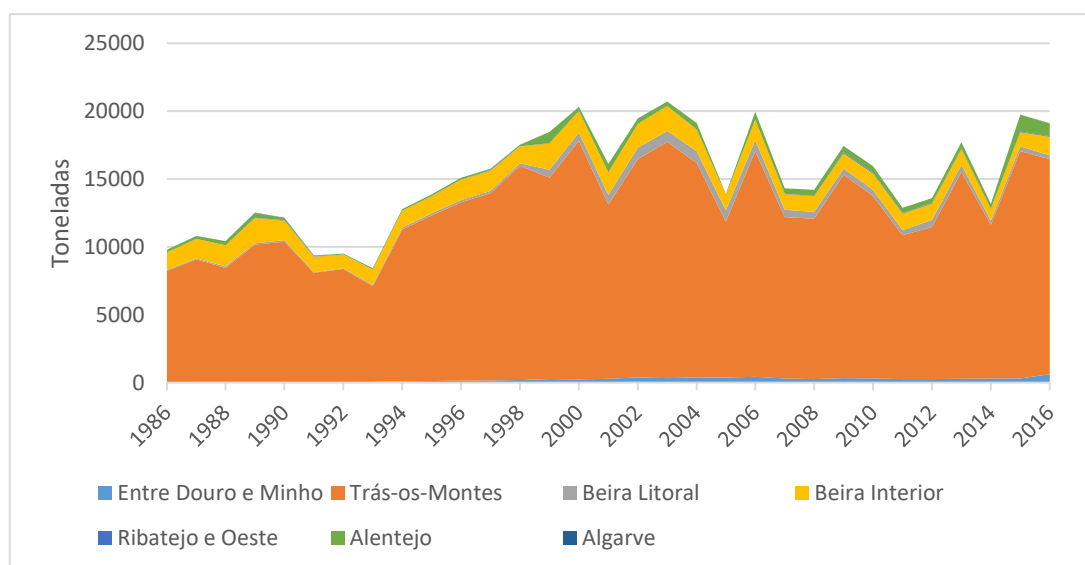


Figura 3.8 - Estimativa da produção de podas resultantes do cultivo da castanha, em toneladas, de 1986 a 2016.

As podas dos castanheiros encontram-se, na sua maioria, concentradas na região de Trás-os-Montes, e a sua produção tem sido bastante constante em termos temporais. A quantidade de sobranço ronda, num pico de produção, as 20 000 toneladas.

A figura 3.9 apresenta a evolução da estimativa da quantidade de sobranes agrícolas provenientes da produção de noz entre 1986 e 2016.

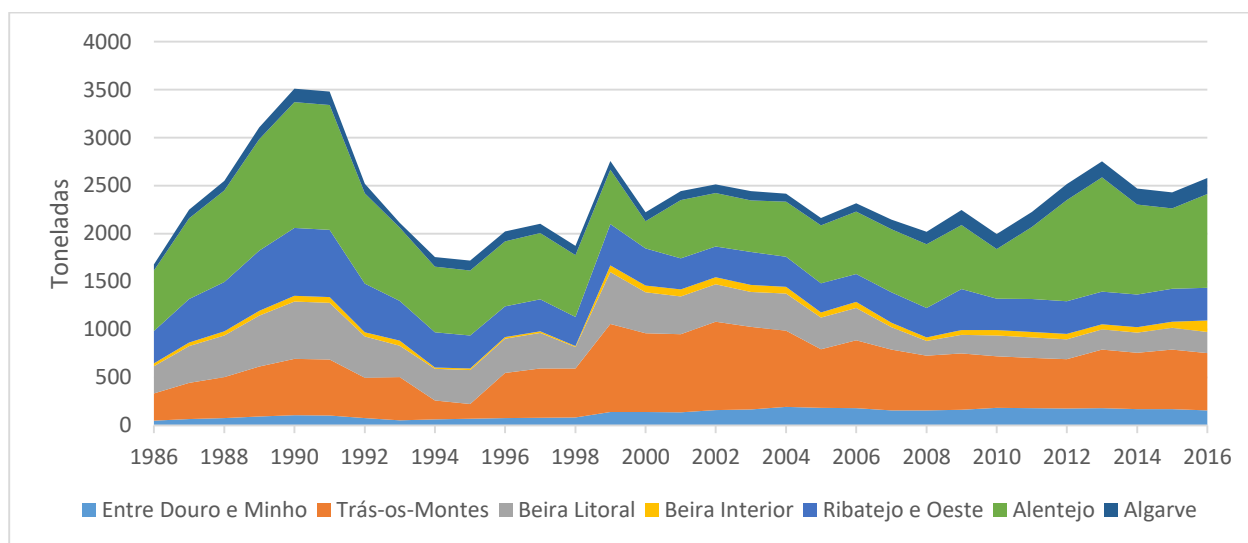


Figura 3.9 - Estimativa da produção de podas resultantes do cultivo da noz, em toneladas, de 1986 a 2016.

As podas das nogueiras apresentam quantidades constantes ao longo do tempo, mas pouco significativas. A produção encontra-se distribuída pelas regiões do Alentejo e Trás-os-Montes, com uma baixa contribuição das regiões da Beira Litoral e Ribatejo e Oeste, sendo perceptível um ligeiro aumento de produção na Beira Interior em 2016.

A figura 3.10 apresenta a evolução da estimativa da quantidade de sobranes agrícolas provenientes da produção de pera entre 1986 e 2016.

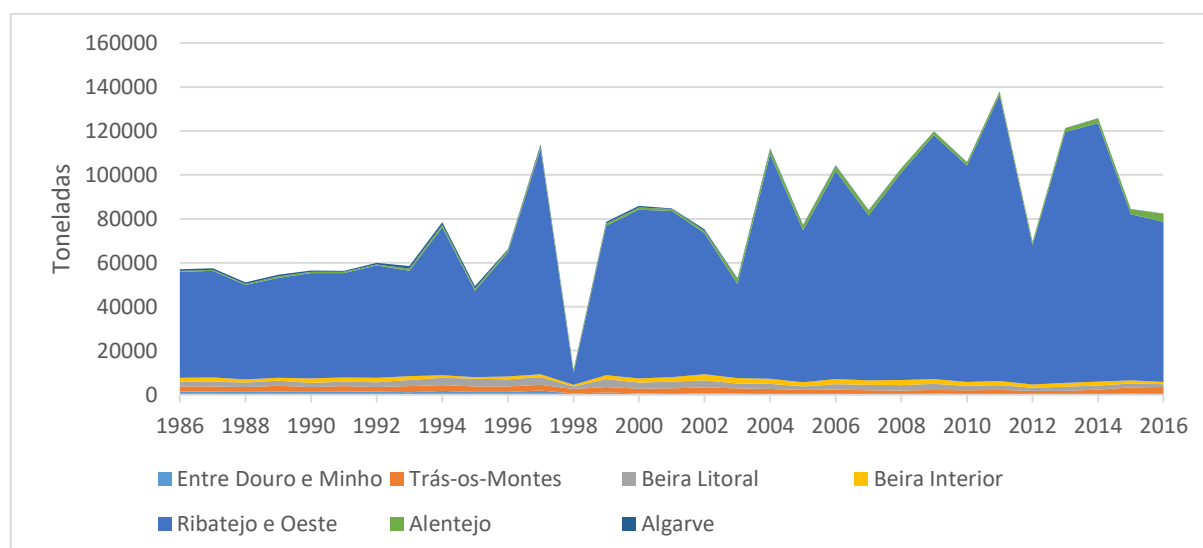


Figura 3.10 - Estimativa da produção de podas resultantes do cultivo da pera, em toneladas, de 1986 a 2016.

Os valores de produção de pera têm-se mantido mais ou menos constantes desde 2000, sendo perceptíveis algumas quebras de produção ao longo do tempo. O seu cultivo é praticado principalmente na região do

Ribatejo e Oeste, originando regularmente quantidades de sobranter superiores a 80 000 toneladas nesta região, o que implica uma densidade de material disponível nesta região bastante significativa, o que poderá apresentar vantagens logísticas.

A figura 3.11 apresenta a evolução da estimativa da quantidade de sobranter agrícolas provenientes da produção de maçã entre 1986 e 2016.

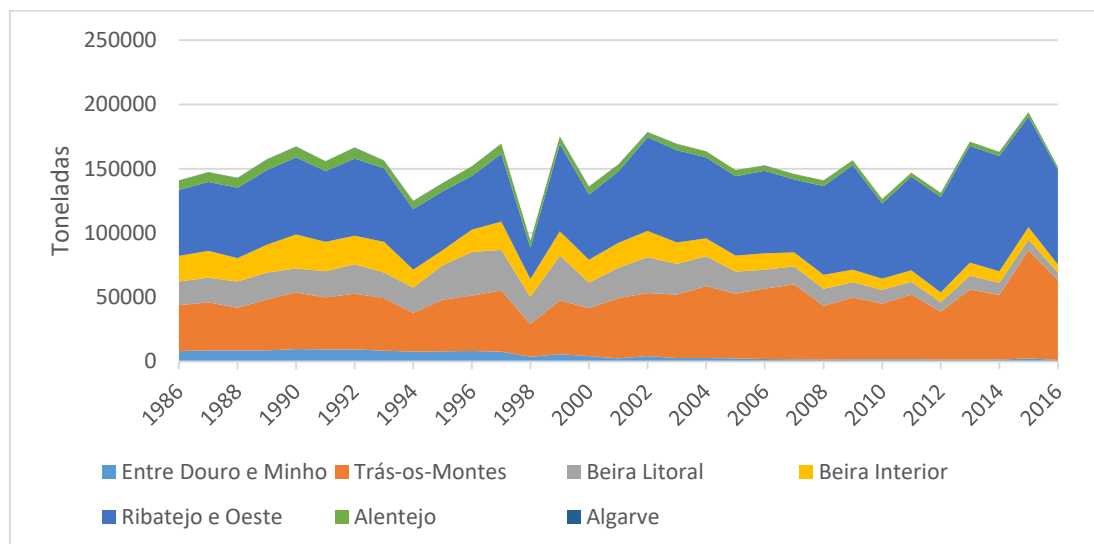


Figura 3.11 - Estimativa da produção de sobranter resultantes do cultivo da maçã, em toneladas, de 1986 a 2016.

A produção de maçãs tem-se mantido maioritariamente constante ao longo dos anos, apresentando mesmo alguns picos de produção em anos mais recentes. Os sobranter dos pomares estão mais concentrados nas regiões do Ribatejo e Oeste e Trás-os-Montes, sendo quase negligenciável nas regiões da Beira Interior e Beira Litoral.

A figura 3.12 apresenta a evolução da estimativa da quantidade de sobranter agrícolas provenientes da produção de pêssgo entre 1986 e 2016.

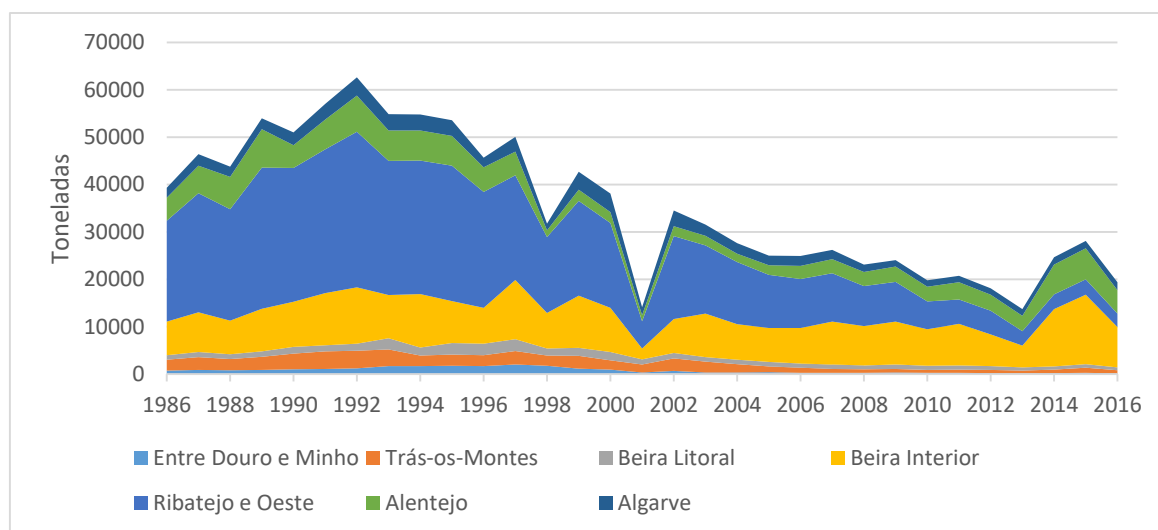


Figura 3.12 - Estimativa da produção de sobranter resultantes do cultivo do pêssgo, em toneladas, de 1986 a 2016.

A produção de podas dos pessegueiros tem sofrido um decréscimo de produção desde meados dos anos 90, acentuada por algumas quebras de produção e quantidades pouco expressivas de produção nos últimos anos, distribuídas pela Beira Interior, Alentejo e, pouco significativamente, Ribatejo e Oeste.

A figura 3.13 apresenta a evolução da estimativa da quantidade de sobranes agrícolas provenientes da produção de cereja entre 1986 e 2016.

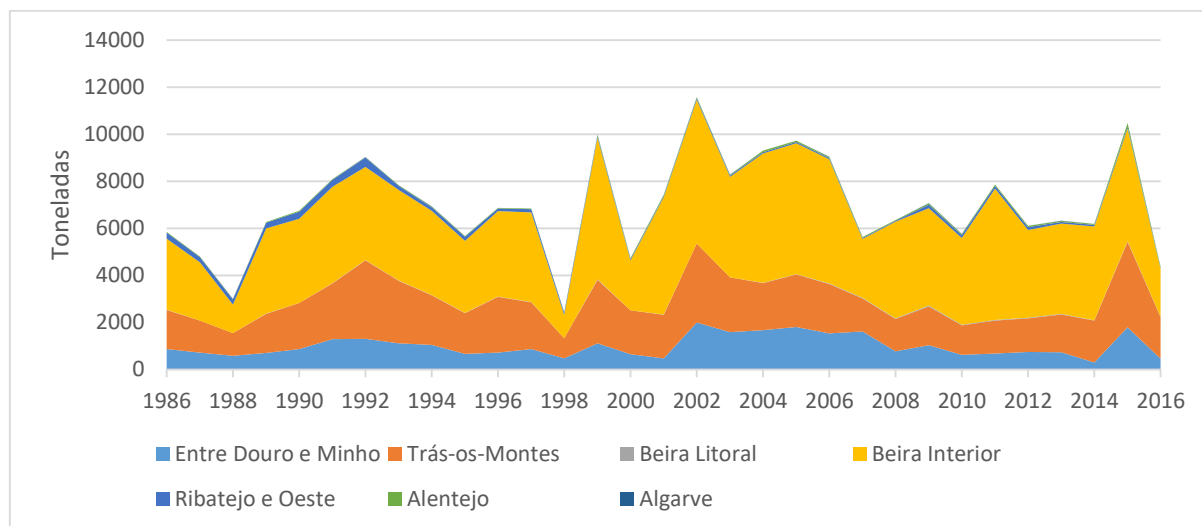


Figura 3.13 - Estimativa da produção de podas resultantes do cultivo da cereja, em toneladas, de 1986 a 2016.

A cultura da cereja apresenta uma produção de resíduos pouco significativa em termos de quantidade, distribuída maioritariamente pela região da Beira Interior, e em menor grau por Trás-os-Montes e Entre Douro e Minho, e com algumas quebras de produção consideráveis em 1988, 1998 e 2000.

A figura 3.14 apresenta a evolução da estimativa da quantidade de sobranes agrícolas provenientes da produção da laranja entre 1986 e 2016.

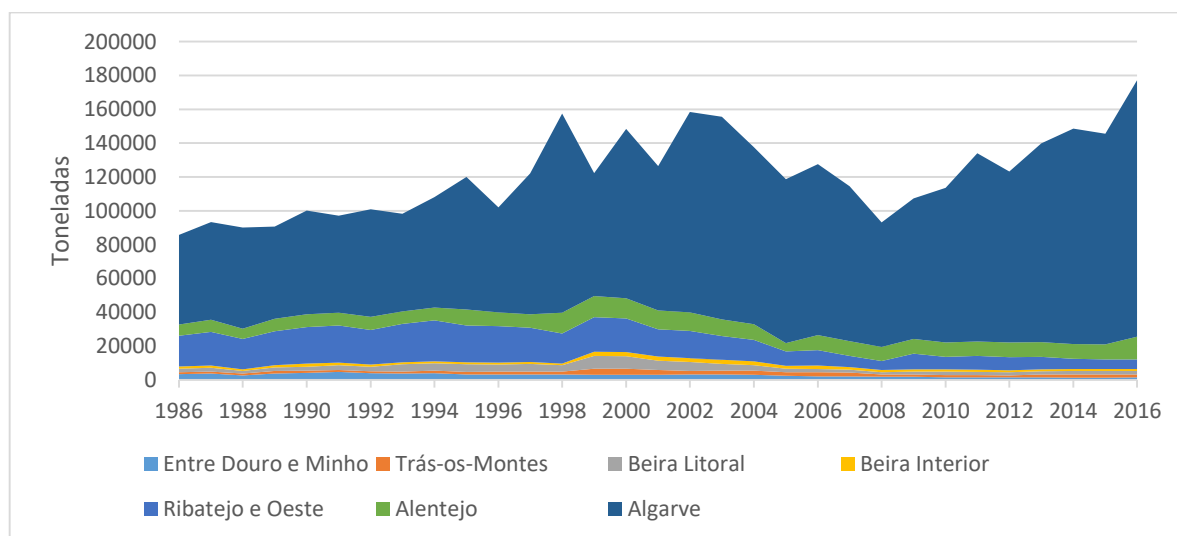


Figura 3.14 - Estimativa da produção de podas resultantes do cultivo da laranja, em toneladas, de 1986 a 2016.

As estimativas das quantidades potenciais de podas de laranjeiras na região do Algarve apresentam um valor considerável em termos de quantidade e constância em termos temporais. A produção de sobranes deste cultivo nas regiões do Alentejo e Ribatejo e Oeste, embora também contante no tempo, apresenta uma contribuição pouco significativa. Mais uma vez, pode haver neste caso uma vantagem logística para este material dado o elevado valor de densidade de resíduo a nível do Algarve.

A figura 3.15 apresenta a evolução da estimativa da quantidade de sobranes agrícolas provenientes da produção de tangerina entre 1986 e 2016.

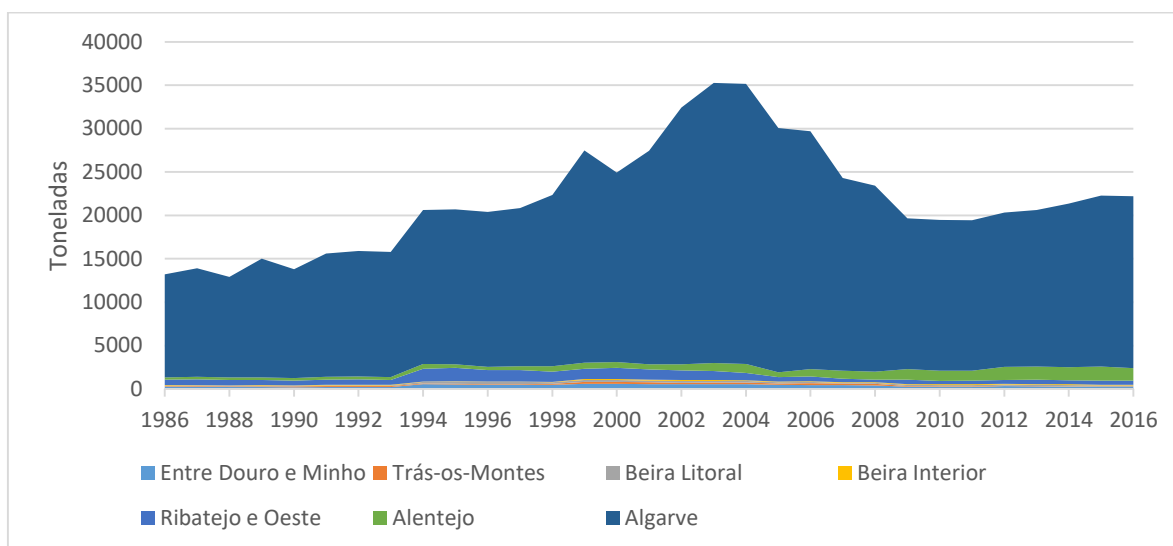


Figura 3.15 - Estimativa da produção de podas resultantes do cultivo da tangerina, em toneladas, de 1986 a 2016.

Semelhante aos sobranes da produção de laranja, a produção de podas das tangerineiras sofreu um pequeno decréscimo de produção nos últimos anos mas mantém-se bastante constante ao longo do tempo, estando a sua produção também concentrada na região do Algarve.

No entanto, as quantidades de sobranes da produção de laranja estão na ordem das centenas de milhar de toneladas, enquanto os sobranes da produção de tangerinas se encontram na ordem das dezenas de milhares de toneladas. Por exemplo, em 2016, a produção de podas de laranja foi de 177 235 toneladas, enquanto a produção de podas de tangerina foi de 22 203 toneladas, uma diferença de aproximadamente 13%.

A figura 3.16 apresenta a evolução da estimativa da quantidade de sobranes agrícolas provenientes da produção de kiwi entre 1986 e 2016.

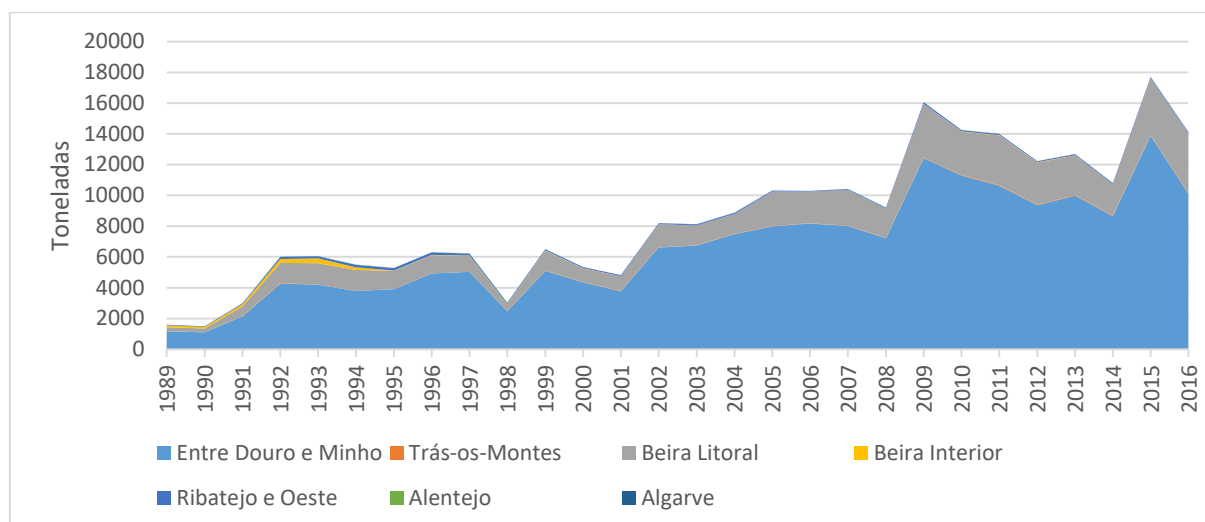


Figura 3.16 - Estimativa da produção de podas resultantes do cultivo do kiwi, em toneladas, de 1986 a 2016.

Os pomares de kiwi apresentam um crescimento considerável, especialmente concentrado na região do Entre Minho e Douro. O cultivo desta fruta apresenta, contudo, quantidades relativamente baixas de sobrantes da produção; não obstante, existem atualmente projetos de investigação sobre o aproveitamento dos resíduos do kiwi para a produção de biocombustíveis [81] pois é expectável um aumento das quantidades de sobrantes produzidas, a par com o crescimento de produção deste fruto em território nacional.

A figura 3.17 apresenta a evolução da estimativa da quantidade de sobrantes agrícolas provenientes da vinha entre 1986 e 2016.

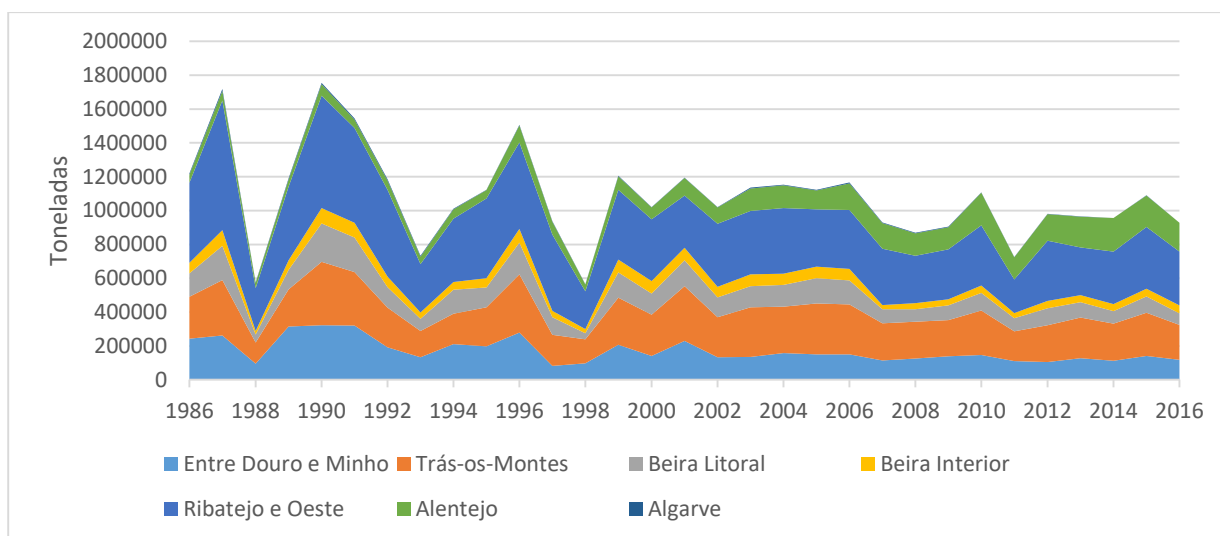


Figura 3.17 - Estimativa da produção de podas resultantes do cultivo da uva para produção de vinho, em toneladas, de 1986 a 2016.

Já a produção de uva para vinho, embora a ocasional perda de produção comum às restantes culturas permanentes estudadas neste trabalho, tem sido consistente nas últimas décadas, mantendo-se a produção por região dentro do mesmo intervalo de valores de toneladas. Estes são muito mais elevados

do que os valores de qualquer outra cultura estudada, o que demonstra a importância da indústria do vinho no território nacional.

A figura 3.18 apresenta a evolução da estimativa da quantidade de sobranes agrícolas provenientes da produção de uva de mesa entre 1986 e 2016.

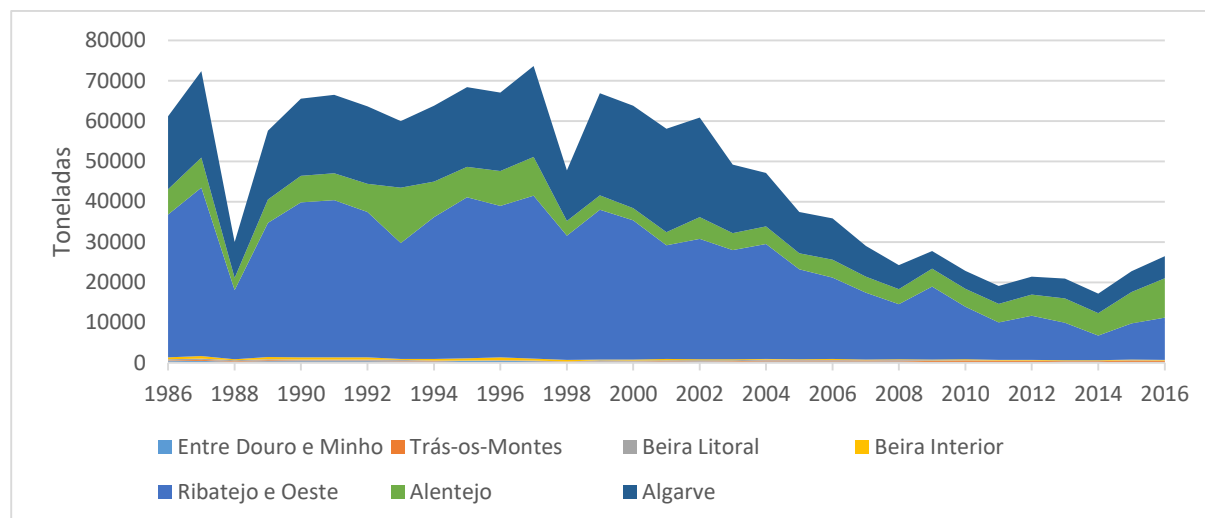


Figura 3.18 - Estimativa da produção de podas resultantes do cultivo da uva de mesa, em toneladas, de 1986 a 2016.

A produção da uva de mesa também registou um acentuado decréscimo desde meados de 2000, especialmente nas regiões do Entre Douro e Minho, Alentejo e Algarve.

Há que considerar que as culturas permanentes (frutos frescos, frutos de casca rija, oliveiras e vinhas) demoram mais tempo a produzir colheita, por oposição às culturas temporárias (milho, girassol, arroz) pelo que é expectável que a produção de resíduos destas últimas seja menos afetada por fatores sazonais e climáticos.

Em todas as culturas, é possível observar que invariavelmente há quebras de produção, o que obviamente afeta a produção de sobranes.

O uso de rácios resíduo/produto é bastante comum para estimar quantidades de sobranes agrícolas. No entanto, esta extrapolação varia consoante a literatura pelo que deve ser ponderada com os níveis de produtividade agrícola dos respetivos anos de produção, condições de cultura, culturas utilizadas, entre outros fatores, o que se reflete numa grande variabilidade nos dados reportados na literatura [13, 82]. Os rácios utilizados nesta estimativa, discriminados na Tabela 2.2 da secção 2.1, são dados do LNEG e, apesar de terem sido considerados os fatores acima descritos, não estão salvaguardados de erros.

Outro constrangimento relativamente à metodologia utilizada nestas estimativas é o fato dos sobranes das atividades agrícolas e agroflorestais serem, muitas vezes, utilizados como fertilizantes nas explorações agropecuárias e agrícolas, através da sua compostagem ou estilhagem e posterior incorporação direta nos campos [49]. Isto é especialmente relevante para os pomares. Assim, estes valores devem ser considerados como quantidades potenciais, não como quantidades disponíveis de facto. As palhas, podas e outros sobranes também são materiais passíveis de serem utilizados para camas dos animais. Assim, não podemos considerar a totalidade das estimativas de quantidade de resíduos obtidas neste trabalho como totalmente disponíveis para aproveitamento energético. Neste contexto, as práticas descritas enquadram-se já numa economia circular, na medida em que os resíduos

são aproveitados para outros propósitos que não a eliminação, pese embora ainda em aplicações de baixo valor acrescentado.

Verificou-se que as únicas unidades estatísticas que se mantiveram inalteradas ao longo do tempo e que, portanto, permitiram o estudo dos resíduos ligados às explorações agrícolas (estudados nesta secção) são as Regiões Agrárias. No entanto, ao contrário dos mapas geográficos elaborados para os subprodutos agroindustriais, estas não permitem inferir a localização mais específica das explorações que originam estes resíduos pois abrangem áreas geográficas muito superiores, como evidenciado na

Figura 2.1.

Neste sentido, seria útil estudar a produção de sobrantes agrícolas numa área geográfica mais específica, pelo menos ao nível da sub-região agrícola, mas mais útil seria ter os dados desagregados ao nível do Concelho, pois a partir destes poder-se-ia contruir as áreas geográficas que se considerassem mais relevantes. Estes dados não nos foram disponibilizados por razões de sigilo estatístico, para já.

Estes dados desagregados por Concelho permitiriam realizar análises posteriores não só de quantificação mais precisa do potencial do MLC, mas também a estudar a localização preferencial de instalações para o seu aproveitamento, como centrais de biomassa e biorefinarias.

3.2.2 Estimativa das quantidades produzidas

Utilizando uma média aritmética das estimativas das quantidades de sobrantes agrícolas produzidas nos últimos cinco anos, baseada nos valores apresentados nas figuras da secção 3.3.1 deste trabalho, elaborou-se a tabela seguinte (Tabela 3.1) de modo a estudar a quantidade de sobrantes agrícolas disponíveis por região.

Através destas estimativas, também será possível, mais adiante, estimar a quantidade de bioetanol passível de ser produzido em território nacional.

Os valores que constam na tabela abaixo estão em toneladas (t).

Tabela 3.1 - Média aritmética das estimativas de sobrantes agrícolas produzidos de 2012 a 2016, em toneladas.

Resíduos	Entre Douro e Minho	Trás-os-Montes	Beira Litoral	Beira Interior	Ribatejo e Oeste	Alentejo	Algarve	Total
Podas das videiras¹	120 462	228 138	86 019	44 082	335 362	185 314	6 843	1 006 220
Sobrantes de milho	77 560	7 405	134 935	10 643	284 843	156 826	1 439	673 651
Podas dos olivais	1 070	52 866	13 292	19 507	16 352	224 947	2 355	330 390
Sobrantes de arroz	0	0	40 186	0	103 414	68 671	1 020	213 291
Sobrantes de girassol	0	0	118	0.6	8 827	37 643	0	46 589
Podas dos frutos frescos²	15 155	64 954	16 065	24 784	189 430	24 661	145 789	480 839
Podas dos frutos de casca rija³	534	18 517	618	1 531	422	2 226	679	24 526
Total	214 781	371 880	291 233	100 548	938 650	700 288	158 125	

¹Inclui os sobrantes do cultivo de uva de mesa.

²As podas das árvores dos frutos frescos referem-se às principais culturas de frutos frescos (ameixa, cereja, maçã, pera e pêssago), principais frutos tropicais (kiwi) e citrinos (laranja e tangerina).

³As podas das árvores dos frutos de casca rija referem-se às seguintes culturas: amêndoa, castanha e noz.

As podas das vinhas e os sobrantes de milho (palha e carolo) constituem os sobrantes agrícolas mais significativos em termos quantitativos, como visto na Tabela 3.1, sendo produzidos maioritariamente na região Ribatejo e Oeste. A partir da mesma tabela, pode concluir-se que a região do Ribatejo e Oeste é a região que reúne a maior parte da quantidade de resíduos agrícolas, seguida pela região do Alentejo. Os sobrantes do arroz também apresentam quantidades elevadas de produção e são constantes ao longo do tempo, salvo alguns anos de quebra de produção, quer devido a condições climáticas menos comuns quer devido a pragas.

3.2.3 Resultados da análise da composição química dos sobrantes agrícolas

Na Tabela 3.2 apresentam-se os principais resultados da análise composicional à biomassa, efetuada de acordo com os procedimentos laboratoriais descritos na Tabela 2.4. Estes resultados permitiram caracterizar os principais sobrantes agrícolas estudados e, noutras secções deste trabalho, avaliar o potencial de conversão em bioetanol (secção 3.3.4) e o potencial do seu aproveitamento (secção 3.3.5).

Os valores apresentados para a caracterização química (Tabela 3.2) são um conjunto ponderado dos resultados obtidos em laboratório, dados do LNEG e dados da literatura, através dos mesmos procedimentos laboratoriais, com o objetivo de aproximar as estimativas à realidade, tanto quanto possível. Verificou-se que muitas amostras seriam uma mistura de sobrantes agrícolas de várias espécies das culturas, pelo que esta ponderação se tornou especialmente importante como forma de extrapolação dos resultados.

Tabela 3.2 - Principais resultados da caracterização química dos principais sobrantes agrícolas estudados. Valores em percentagem (%) de base seca.

Sobrante agrícola	Sobrantes de milho ^a	Sobrantes de arroz ^a	Sobrantes de girassol ^a	Podas de videiras	Podas de frutos frescos	Podas de frutos de casca rija	Podas de oliveira
Celulose	42,1	40,9	32,56	32,9	37,6	31,3	26
Xilanas	22,9	20,5	15,19	14,87	16,9	15,2	11,7
Arabinanas	2,9	3,4	1,13	0,4	1,6	2,3	2,7
Hemicelulose	-	-	2,68	-	1,9	1,3	1,7
Galactano	-	-	1,73	-	1,6	1,2	1,4
Manano	-	-	-	-	-	-	-
Grupos acetilo	3,4	0,4	2,08	3,95	-	3,0	-
Lenhina de Klason	17,5	14,4	11,45	29,5	32,0	28,7	17,5
Cinza	4,2	10,6	6,03	3,32	-	2,8	2,8
Outros					8,1		
Referências bibliográficas	[59, 83-85]	[59, 86-89]	[61, 90, 91]	[62, 92-94]	[95]	[96]	[36, 61, 97-104]

^a principalmente palha

Alguns dos parâmetros laboratoriais estudados (Tabela 2.4) não se encontram presentes devido a resultados inconstantes e/ou díspares relativamente à literatura.

De facto, observam-se percentagens elevadas de lenhina insolúvel em muitas das amostras, sendo as podas das videiras as que maior valor percentual deste composto apresentam. Confirma-se que as xilanas são o composto predominante da hemicelulose e que a celulose é o polissacárido com maior expressividade nos materiais lenhocelulósicos.

3.2.4 Estimativa da produção de etanol

A tabela seguinte resume os componentes utilizados no cálculo do potencial, através da Equação 2.1. Também é de referir que os resultados apresentados na tabela são apenas teóricos e não têm em conta com os rendimentos dos processos de pré-tratamento e de conversão, tipicamente na gama de 85-95% para ambos os processos, pelo que serão apenas indicativos

Tabela 3.3 – Estimativa da quantidade de bioetanol produzida (em litros por tonelada de matéria seca), obtida através da caracterização química dos sobrantes agrícolas, e do seu total anual, baseado nas quantidades da Tabela 3.1 (em milhões de litros).

Sobrante agrícola	Bioetanol (L/t matéria seca)	Potencial anual (ML)
Sobrantes de milho	495,545	333,8
Sobrantes de arroz ^a	472,284	100,7
Sobrantes de girassol ^a	440,619	20,5
Podas de videiras	430,999	433,7
Podas de frutos frescos	408,963	196,6
Podas de frutos de casca rija	355,978	7,4
Podas de oliveira	294,689	97,4

^a principalmente palha

Os sobrantes de milho, sobrantes do arroz, sobrantes de girassol, podas de videiras e podas de árvores de frutos frescos apresentam o maior potencial de conversão em etanol. No entanto, a cultura do girassol apresenta um historial de diminuição de produção (Figura 3.3) e as podas das culturas de frutos frescos estão bastante sujeitas a quebras de produção.

As podas de oliveira, embora apresentem o potencial de conversão mais baixo, são produzidas, em média, em grande quantidade por região, como pode ser visto na Tabela 3.1; por outro lado, as oliveiras apresentam algumas quebras de produção consideráveis, nomeadamente em 2012 e 2014 (Figura 3.7).

O valor potencial de conversão dos sobrantes de milho encontra-se em linha com o valor teórico de 500 L/t apresentado na secção 1.3.1 deste trabalho, ficando os restantes um pouco aquém mas partilhando a mesma ordem de grandeza.

3.2.5 Avaliação do potencial de valorização biotecnológico através do BVPI

Na seguinte tabela é calculado o BVPI, indicador do potencial de aproveitamento dos MLC presentes nos sobrantes agrícolas estudados. Quanto maior a classificação, maior será este potencial.

Assumiu-se um valor de venda da palha de 0,05 €/kg, ou seja, 50 €/t, com base em cotações de 2017 [105].

Tabela 3.4 - Classificação obtida pelos sobrantes agrícolas analisados através do indicador BVPI.

Critério	Sobrantes de milho	Sobrantes de arroz	Sobrantes de girassol	Podas de oliveira	Podas de vinhas	Podas de frutos frescos	Podas de frutos de casca rija
Natureza biológica	3	3	3	2	2	2	2
Composição macromolecular	1	1	1	1	1	1	1
Humidade	3	3	3	3	3	3	3
Caraterísticas físicas	2	2	2	2	2	2	2
Sazonalidade	0	0	0	0	0	0	0
Valor económico	1	1	1	3	3	3	3
Dependência do mercado	3	3	3	0	0	0	0
Tecnologia/destino atual	3	3	3	3	3	3	3
Estado de desenvolvimento da tecnologia	2	2	2	2	2	2	2
Quantidades disponíveis	3	3	2	3	3	3	1
Concentração geográfica	3	3	2	3	3	3	1
Restrições políticas/legais	2	2	2	2	2	2	2
Classificação BVPI	26	26	24	24	24	24	20

Baseado na classificação BVPI, os sobrantes agrícolas com maior potencial de aproveitamento são os sobrantes de milho e arroz, seguidos dos sobrantes de girassol, das podas das vinhas e podas das oliveiras. Destes materiais, apenas as podas das oliveiras não apresentam um elevado potencial de conversão em bioetanol, como visto na Tabela 3.3; contudo, as elevadas quantidades produzidas anualmente (Tabela 3.1) justificam a utilização deste material para aproveitamento energético.

Também as podas de árvores de frutos frescos devem ser consideradas para valorização pelo potencial de produção de bioetanol evidenciado na Tabela 3.3, a par com a ainda elevada classificação BVPI.

A classificação deste indicador quanto aos diversos fatores não varia muito, nomeadamente quanto aos valores obtidos entre os sobrantes de milho e de arroz e as podas das árvores de frutos de casca rija. Os materiais apresentam classificações muito semelhantes relativamente aos vários fatores considerados, apresentando apenas algumas discrepâncias relativamente aos fatores económicos.

3.3 Resíduos agroindustriais

3.3.1 Estimativa das quantidades produzidas

De modo a avaliar a viabilidade do aproveitamento energético dos subprodutos agroindustriais, é necessário apurar as quantidades disponíveis e perceber se existem concentrações regionais destes resíduos (Tabela 3.5).

Tabela 3.5 - Estimativa de quantidades, em toneladas por ano, dos principais subprodutos agroindustriais identificados.
Adaptado de: [43]

NUTS II	Casca de caroço de pêssago (t/ano)	Polpa de alfarroba (t/ano)	Polpa de citrinos (t/ano)	BAE (t/ano)	Bagaço de uva (t/ano)	Casca de frutos rijos (t/ano)	Dreche cervejeira (t/ano)
Norte		-	-	7 754	1 620	-	43 224
Centro		-	-	5 625	67 228	-	-
Área Metropolitana de Lisboa (AML)	300 ^a	-	-	-	992	-	35 267
Alentejo		-	-	75 000	-	15 000	9 964
Algarve		45 000	12 317	-	-	-	-

^a Valores de quantidade de caroço de pêssago. Retirado de: [106]

A alfarroba é um produto regional algarvio, pelo que é nesta região que se concentra a produção do principal subproduto do seu processamento.

A produção de polpa de citrinos tem pouca expressão tanto a nível nacional como regional.

O BAE é produzido maioritariamente na região do Alentejo, onde se situam as unidades industriais com maior capacidade de processamento. Este subproduto industrial apresenta valor energético e comercial.

O bagaço de uva apresenta valor comercial na indústria mesmo depois da remoção do álcool, apresentando também pouca expressividade regional (exceto Alentejo).

A casca de frutos rijos é um resíduo que apresenta pouca quantidade produzida, concentrando-se a sua produção na região do Alentejo, esperando-se um crescimento considerável nos próximos anos como resultado da aposta no cultivo da amêndoa e do pinhão.

A dreche cervejeira é o principal subproduto da produção de cerveja, existindo três grandes empresas de produção em Portugal Continental. A produção de dreche cervejeira encontra-se distribuída pelas regiões Norte, AML e Alentejo. No entanto, a elevada humidade que apresenta à saída da unidade de processamento é um entrave ao seu transporte e posterior aproveitamento energético. Induz também problemas de armazenagem e apodrecimento.

A produção anual de casca de caroço de pêssago em Portugal Continental é quase negligenciável; no entanto, por se tratar de um resíduo sem qualquer valor comercial, o seu aproveitamento é desejável.

Tabela 3.6 - Estimativa de quantidades, em toneladas, da casca de arroz e dreche cervejeira relativa a 2016.

NUTS II	Casca de arroz (t)	Dreche cervejeira (t)
Norte	-	
Centro	6 661,4	
Área Metropolitana de Lisboa (AML)	5 659,4	70 774 ^a
Alentejo	21 367,6	
Algarve	169,4	
Total	33 857,8	

^a Como reportado nas Estatísticas da Produção Industrial 2016, publicado pelo INE.

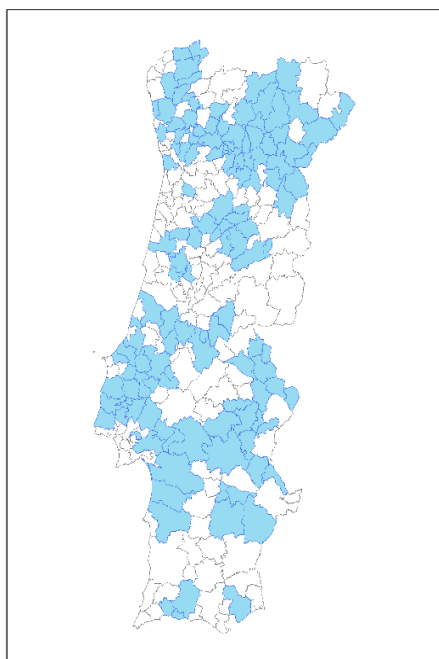
Verificou-se não haver necessidade de estimar a quantidade de dreche cervejeira produzida em 2016 pois o INE inclui este valor na publicação das Estatísticas de Produção Industrial. Conjugada com a informação referente ao mesmo subproduto, proveniente da Tabela 3.5, é possível estimar, a distribuição da quantidade produzida por NUTS II em 2016.

A casca de arroz representa quantidades pouco significativas no total, como visto na Tabela 3.6, sendo a região do Alentejo a que concentra mais produção deste subproduto.

3.3.2 Mapas de distribuição geográfica

Seguidamente é apresentada o mapeamento da agroindústria no território de Portugal Continental, organizado por sector industrial. As subdivisões constantes nos mapas representam os concelhos de Portugal Continental.

A figura 3.19 apresenta a distribuição geográfica das instalações industriais relacionadas com o setor vinícola.



A indústria do vinho é uma das principais indústrias portuguesas, abrangendo praticamente todo o território de Portugal Continental.

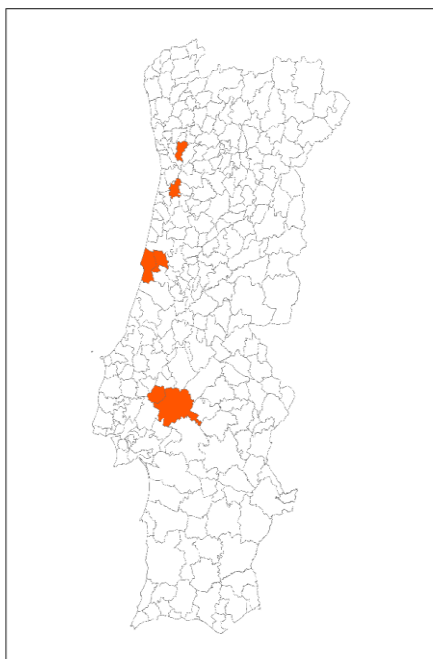
Os subprodutos das campanhas vitivinícolas consistem no bagaço de uva e nas borras de vinho, que necessitam ser tratados pelos produtores num enquadramento de prestação vínica.

O objetivo da Prestação Vínica é o de garantir o adequado tratamento destes subprodutos de forma a garantir a qualidade dos vinhos introduzidos no mercado de consumo, ao evitar a sobrepreensão dos mesmos, bem como a ausência de danos para o ambiente, resultantes da negligência do tratamento.

Figura 3.19 - Distribuição geográfica da indústria do vinho em Portugal Continental.

A Prestação Vínica é apresentada na Portaria nº 983/2008, de 2 de setembro, e tem um caráter obrigatório para produções de vinho superiores a 25 hl. As restantes produções podem cumpri-la a título voluntário. Os dados sobre as prestações vínicas estão disponíveis no Instituto de Financiamento da Agricultura e Pescas (IFAP) mas, até ao momento, ainda não foram disponibilizados. Apurou-se que os destiladores aproveitam não só o bagaço da uva, como também as peles e as grainhas. As grainhas da uva apresentam potencial para a produção de óleo, embora ainda não haja instalações em Portugal capazes de efetuar este aproveitamento. Para além disso, verificou-se que os destiladores vendem os produtos resultantes da destilação do bagaço de uva e borras de vinho para a indústria.

A figura 3.20 apresenta a distribuição geográfica das instalações industriais relacionadas com o sector do descasque de arroz.

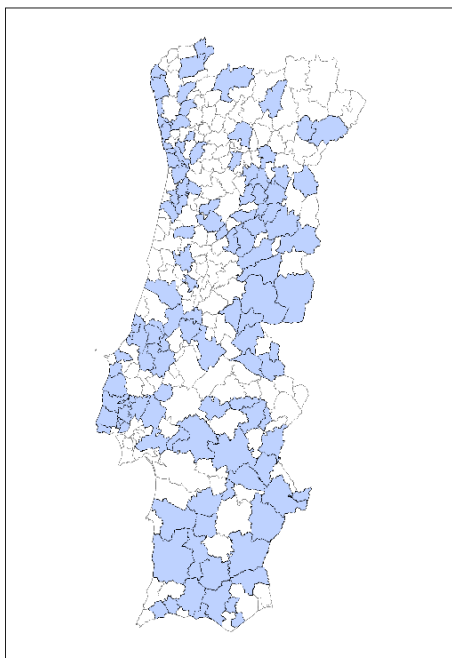


A indústria do arroz, que consiste no descasque e branqueamento desta cultura agrícola, conta com poucas unidades industriais de processamento, dispersas pelo território nacional. Contudo, concluiu-se que estas instalações apresentam capacidades de produção elevadas.

O principal subproduto agroindustrial deste setor é a casca de arroz. Outros subprodutos incluem o farelo e sêmea de arroz, bem como os verdetes. Algumas destas instalações processam também arroz importado, mas não foi possível obter dados da percentagem de arroz que é importado com casca e descascado.

Figura 3.20 - Distribuição geográfica da indústria do arroz em Portugal Continental.

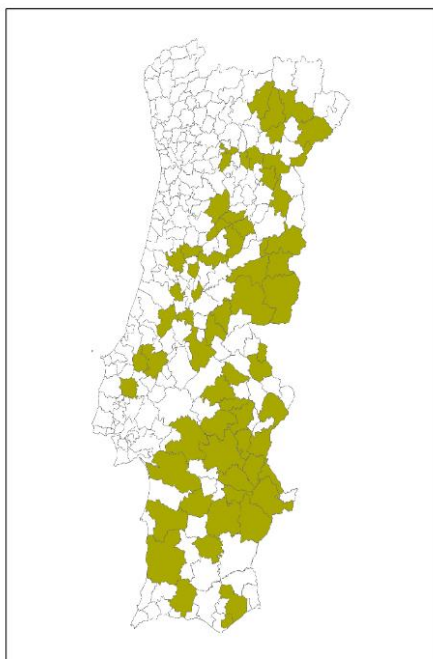
A figura 3.21 apresenta a distribuição geográfica das instalações industriais relacionadas com o setor dos lacticínios.



A indústria do leite encontra-se distribuída homogeneamente ao longo do território nacional continental. No entanto, verificou-se uma ausência de produção de resíduos quase total. Identificou-se o soro de leite como subproduto passível de ser aproveitado no local de produção para a produção de biogás e biometano; no entanto, como efluente, apresenta cerca de 12% de matéria seca, uma quantidade negligenciável e difícil de transportar, e há que ter em conta a sazonalidade da produção de leite [107]. Quanto ao soro, o seu potencial é maior quando se trata de recuperação da proteína para suplementos proteicos para atletas.

Figura 3.21 - Distribuição geográfica da indústria dos laticínios em Portugal Continental

A figura 3.22 apresenta a distribuição geográfica das instalações industriais relacionadas com o setor de produção de azeite.



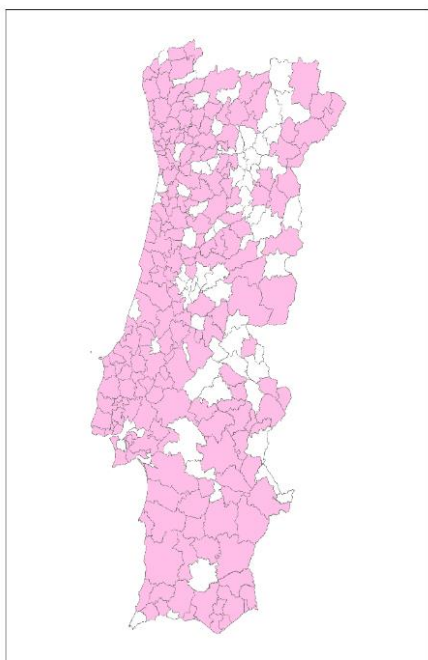
A produção de azeite encontra-se homogeneamente distribuída pelo território nacional, com ênfase na região do Alentejo, beira interior e Trás-os-Montes.

O principal subproduto identificado desta indústria foi o Bagaço de Azeitona Extratado (BAE).

Os lagares para a produção de azeite, segundo o IFAP a 6 de novembro de 2012, representam pouco mais de 40 estabelecimentos de processamento de grande dimensão em Portugal Continental [108] (cujas maiores unidades têm uma capacidade de processamento de 100 000 toneladas de bagaço de azeitona e se situam na região do Alentejo) nos quais grande parte do bagaço de azeitona é utilizado para queima nas instalações, através de unidades de cogeração, e outra parte é vendida.

Figura 3.22 - Distribuição geográfica da indústria do azeite em Portugal Continental.

A figura 3.23 apresenta a distribuição geográfica das instalações industriais relacionadas com o sector alimentar.

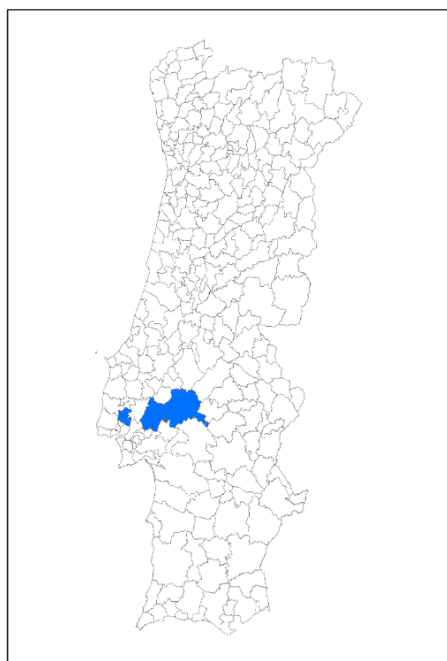


A indústria alimentar encontra-se homogeneamente distribuída ao longo de todo o território de Portugal Continental.

Verificou-se que os setores da alimentação, cerveja, vinícola, outras bebidas alcoólicas e frutos e hortícolas se encontram intimamente ligados pois os registos relativos aos estabelecimentos industriais destes setores partilham códigos CAE – Rev. 3 transversais a todos estes setores.

Figura 3.23 - Distribuição geográfica da indústria alimentar em Portugal Continental.

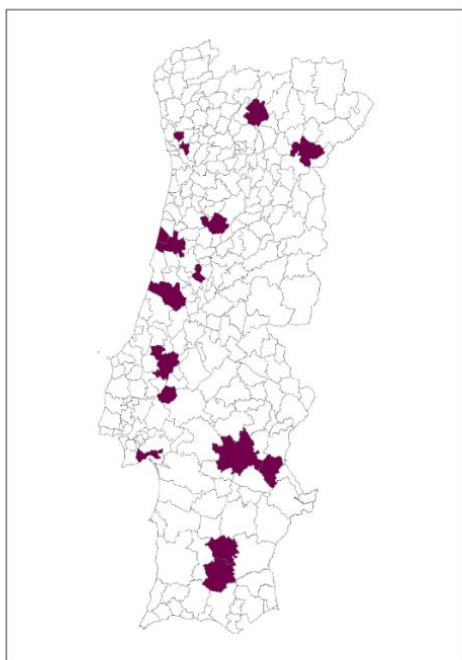
A figura 3.24 apresenta a distribuição geográfica das instalações industriais relacionadas com o sector do açúcar.



As unidades de processamento do açúcar em Portugal Continental encontram-se concentradas geograficamente na região Centro, não tendo sido identificados subprodutos relevantes da atividade industrial deste setor.

Figura 3.24 - Distribuição geográfica da indústria do açúcar em Portugal Continental.

A figura 3.21 apresenta a distribuição geográfica das instalações industriais relacionadas com o sector de adubos e fertilizantes.

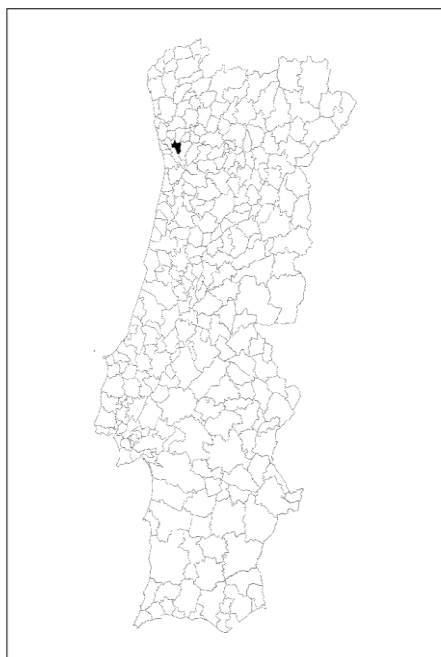


Os estabelecimentos de produção dos adubos e fertilizantes em Portugal Continental encontram-se bastante dispersos em termos geográficos ao longo do território, apresentando os mesmos pouca expressão.

Não foram identificados resíduos relevantes resultantes desta atividade industrial. No entanto, este sector poderá ser um potencial utilizador de biomassa residual.

Figura 3.25 - Distribuição geográfica da indústria de adubos e fertilizantes em Portugal Continental.

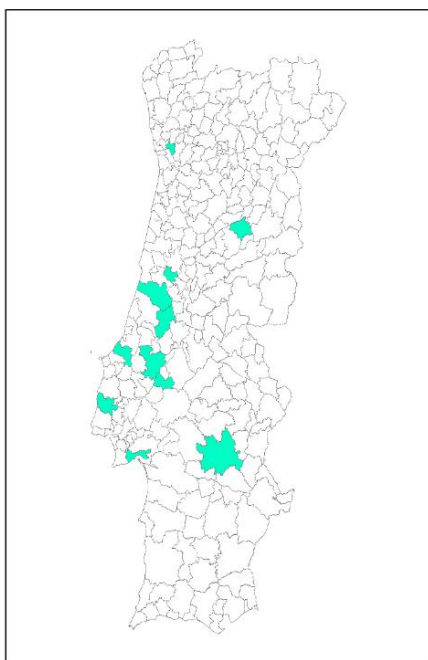
A figura 3.26 apresenta a distribuição geográfica das instalações industriais relacionadas com o setor da cola.



A indústria da cola tem uma expressão negligenciável, pelo que os resíduos resultantes desta indústria não foram identificados.

Figura 3.26 - Distribuição geográfica da indústria da cola em Portugal Continental

A figura 3.27 apresenta a distribuição geográfica das instalações industriais relacionadas com o setor das bebidas não alcoólicas.

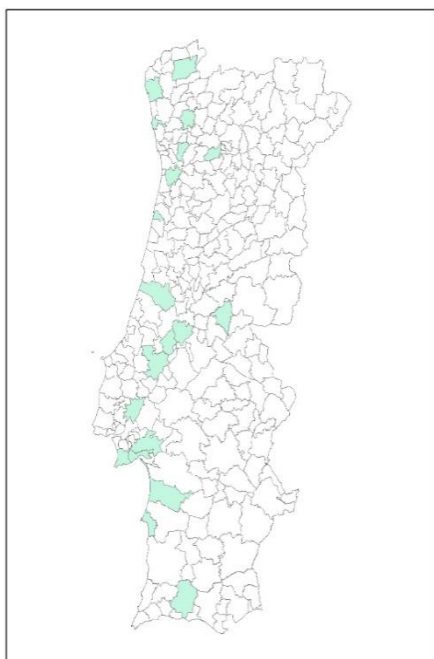


A indústria das bebidas não alcoólicas apresenta uma distribuição geográfica bastante dispersa ao longo do território de Portugal Continental, com poucas unidades industriais mas algumas de dimensão considerável.

Os principais subprodutos destas indústrias são os caroços de fruta (pêssego, alperce) e cascas de citrinos.

Figura 3.27 - Distribuição geográfica da indústria das bebidas não alcoólicas em Portugal Continental

A figura 3.28 apresenta a distribuição geográfica das instalações industriais relacionadas com o setor dos biocombustíveis (produção de biodiesel, essencialmente).

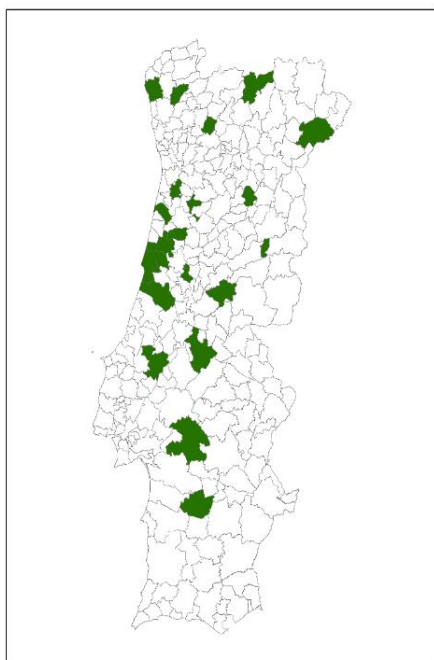


A indústria dos biocombustíveis em Portugal Continental encontra-se dispersa geograficamente, com poucas unidades de processamento industrial.

Não foram identificados subprodutos relevantes resultantes desta atividade industrial, uma vez que o glicerol é atualmente considerado um subproduto, com valor comercial apreciável.

Figura 3.28 - Distribuição geográfica da indústria dos biocombustíveis em Portugal Continental.

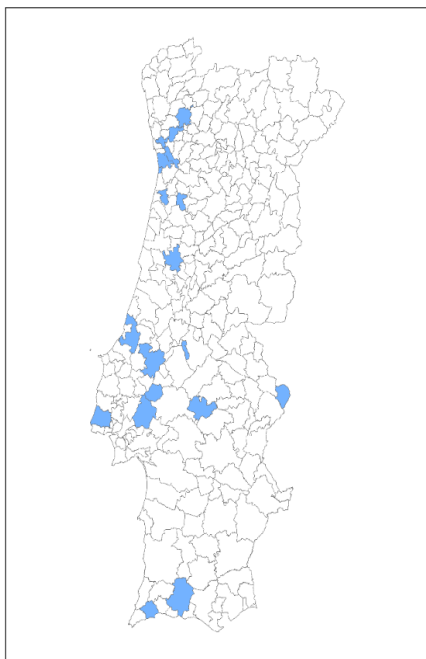
A figura 3.29 apresenta a distribuição geográfica das instalações industriais relacionadas com o setor da biomassa.



As unidades de processamento de biomassa em Portugal Continental são pouco significativas e encontram-se dispersas ao longo do território. Não foram identificados subprodutos relevantes resultantes desta atividade industrial.

Figura 3.29 - Distribuição geográfica da indústria da biomassa em Portugal Continental.

A figura 3.30 apresenta a distribuição geográfica das instalações industriais relacionadas com o setor do chá e café.

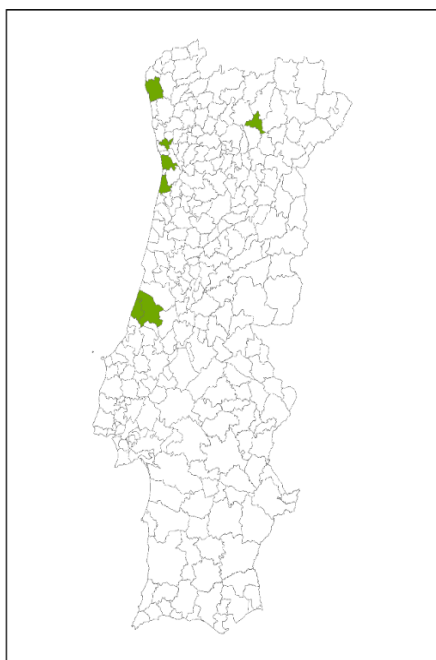


A indústria do café e do chá é bastante escassa e as unidades industriais encontram-se dispersas pelo território de Portugal Continental.

Não foram identificados subprodutos relevantes resultantes desta atividade industrial, embora as borras de café, se recuperadas dos cafés, possam apresentar um potencial de valorização significativo. Será necessário um aprofundamento do conhecimento deste sector industrial.

Figura 3.30 - Distribuição geográfica da indústria do café e do chá em Portugal Continental.

A figura 3.31 apresenta a distribuição geográfica das instalações industriais relacionadas com o setor da cordoaria.

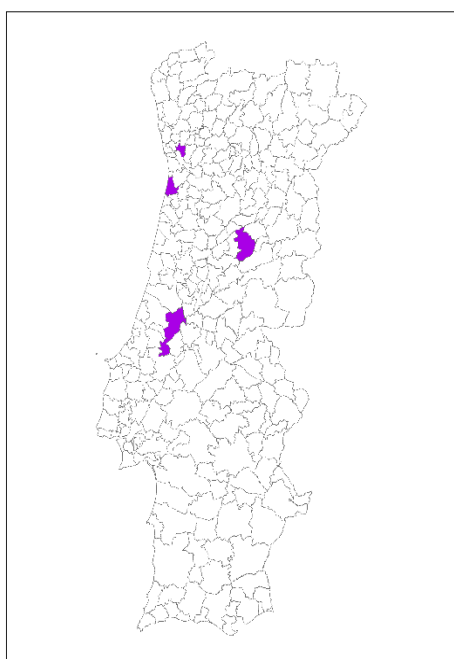


Os estabelecimentos de processamento da indústria da cordoaria são escassos e estão geograficamente dispersos ao longo da área de Portugal Continental.

Não foram identificados quaisquer subprodutos relevantes desta atividade industrial.

Figura 3.31 - Distribuição geográfica da indústria da cordoaria em Portugal Continental.

A figura 3.32 apresenta a distribuição geográfica das instalações industriais relacionadas com o setor dos curtumes.

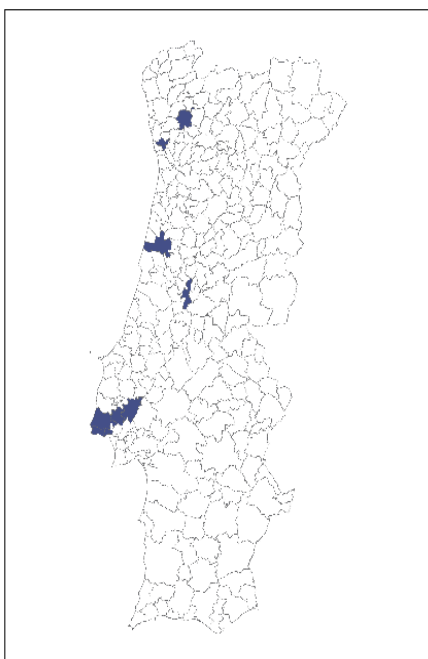


A indústria dos curtumes tem pouca expressividade em termos geográficos, relativamente ao território de Portugal Continental, encontrando-se os seus estabelecimentos de processamento muito dispersos / concentrados em localidades particulares.

Não foram identificados subprodutos relevantes da atividade com utilização para fins de produção de bioenergia ou equivalente.

Figura 3.32 - Distribuição geográfica da indústria dos curtumes em Portugal Continental.

A figura 3.33 apresenta a distribuição geográfica das instalações industriais relacionadas com o setor farmacêutico.

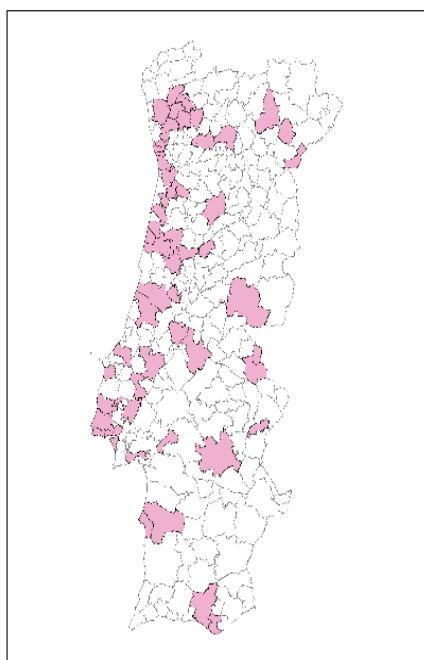


A indústria farmacêutica apresenta pouca expressividade territorial; os estabelecimentos industriais encontram-se dispersos ao longo da área de Portugal Continental.

Não foram identificados quaisquer subprodutos relevantes da atividade com utilização para fins de produção de bioenergia ou equivalente.

Figura 3.33 - Distribuição geográfica da indústria farmacêutica em Portugal Continental.

A figura 3.34 apresenta a distribuição geográfica das instalações industriais relacionadas com o setor cervejeiro.



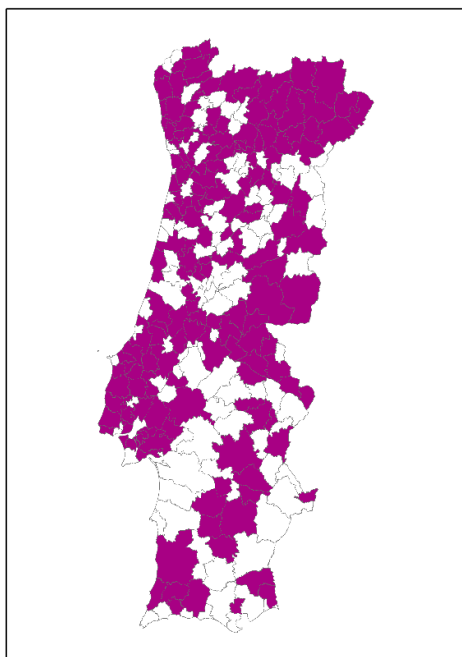
A indústria cervejeira encontra-se dispersa pelo território nacional, distribuída principalmente pelo litoral.

Os principais subprodutos identificados foram a dreche cervejeira, a levedura, as radículas de malte, a levedura seca e o pó de malte.

Apesar da indústria da cerveja apresentar uma elevada abrangência geográfica, a produção de dreche cervejeira em quantidades significativas situa-se nas regiões Norte, AML e Alentejo (Tabela 3.5), pelo que se pode deduzir que será nestas regiões que se processa a maior parte da cerveja produzida em Portugal Continental.

Figura 3.34 - Distribuição geográfica da indústria da cerveja em Portugal Continental.

A figura 3.35 apresenta a distribuição geográfica das instalações industriais relacionadas com o setor dos produtos cárneos.



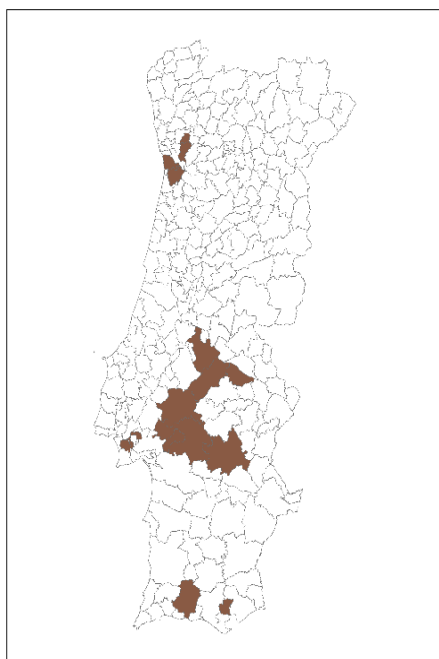
Os estabelecimentos de processamento das carnes encontram-se distribuídos quase homogeneamente ao longo do território de Portugal Continental.

Verificou-se que a maioria dos resíduos resultantes, nomeadamente as farinhas de carne, de ossos e de sangue, são consideradas perigosos e são obrigados por legislação a serem incinerados, por uma questão de saúde pública. Outros resíduos como as penas e gorduras têm também outros destinos semelhantes, profundamente ancorados em legislação específica.

Não existem estudos sobre o potencial de aproveitamento energético destas farinhas como via alternativa à eliminação, o que poderá ser considerado em futuros trabalhos.

Figura 3.35 - Distribuição geográfica da indústria da carne em Portugal Continental.

A figura 3.36 apresenta a distribuição geográfica das instalações industriais relacionadas com o setor da cortiça.

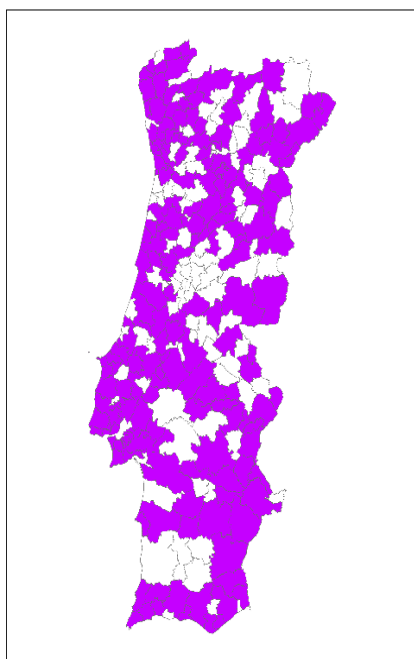


A indústria da cortiça apresenta pouca abrangência geográfica, encontrando-se concentrada na região do Alentejo e no Norte.

Não foram identificados subprodutos relevantes desta atividade industrial, com exceção do pó da cortiça que poderá ser utilizado na plataforma termoquímica.

Figura 3.36 - Distribuição geográfica da indústria da cortiça em Portugal Continental.

A figura 3.37 apresenta a distribuição geográfica das instalações industriais relacionadas com o sector dos frutos e hortícolas (F&H).



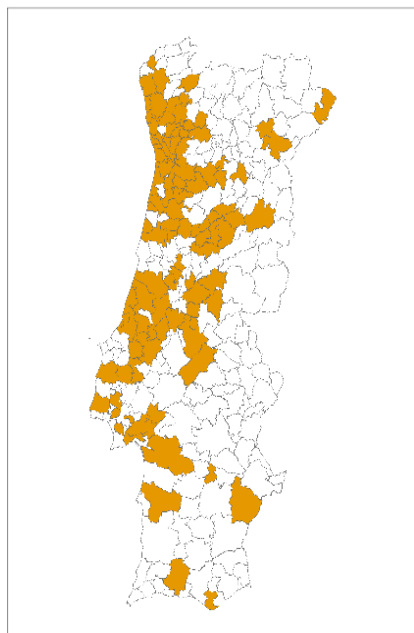
A indústria dos F&H apresenta uma distribuição bastante homogênea ao longo do território de Portugal Continental.

Os principais subprodutos identificados foram a polpa de alfarroba, a polpa de citrinos, a casca de casca de caroço de pêssago, a casca de frutos de casca rija e o repiso de tomate.

A casca de frutos de casca rija é composta maioritariamente por cascas de amêndoa e de pinhão; as cascas das castanhas, nozes e avelãs apresentam uma quantidade negligenciável. Para além disso, a casca da castanha é encaminhada para alimentação animal [33].

Figura 3.37 - Distribuição geográfica da indústria F&H em Portugal Continental.

A figura 3.38 apresenta a distribuição geográfica das instalações industriais relacionadas com o setor da madeira.



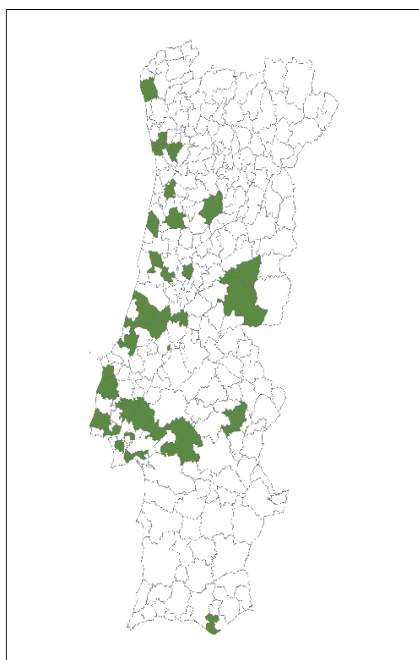
A indústria da madeira concentra-se maioritariamente nas regiões Norte e Centro de Portugal Continental, como visto na figura.

Verificou-se que os subprodutos dos estabelecimentos industriais do processamento da madeira apresentam processos de reencaminhamento bem estabelecidos, com elevado grau de maturidade, aa que a produção de *pellets* veio acrescentar valor, pelo que não haverá grande interesse noutro tipo de aproveitamento energético.

É de realçar que Portugal está entre os principais cinco produtores de *pellets* mundiais.

Figura 3.38 - Distribuição geográfica da indústria da madeira em Portugal Continental.

A figura 3.39 apresenta a distribuição geográfica das instalações industriais relacionadas com o sector da moagem.

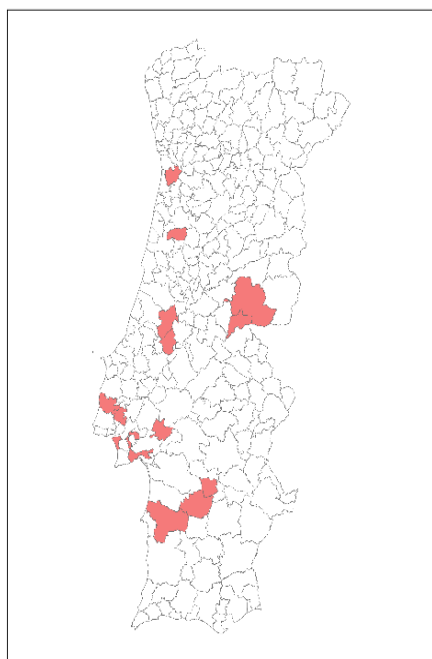


A indústria das moagens apresenta pouca abrangência territorial a nível de Portugal Continental, sendo que as unidades de encontram dispersas ao longo do território. O principal subproduto identificado foi o farelo dos cereais.

Contudo, ao contrário da situação noutros países europeus, em Portugal os farelos de cereais ainda têm valor económico (utilização em rações).

Figura 3.39 - Distribuição geográfica da indústria das moagens em Portugal Continental.

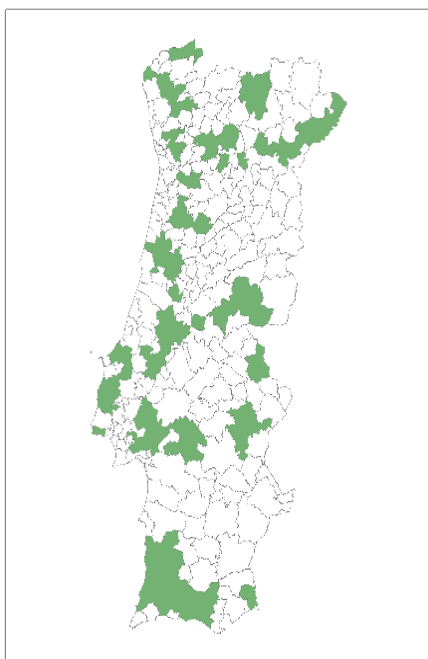
A figura 3.40 apresenta a distribuição geográfica das instalações industriais relacionadas com o sector dos óleos.



A indústria dos óleos apresenta pouca expressividade territorial; as unidades industriais deste setor agroindustrial encontram-se dispersas ao longo do território de Portugal Continental. O principal subproduto identificado foi o BAE; muitas unidades industriais de produção de azeite também fazem a sua refinação, pelo que este subproduto pode ser considerado para os dois setores.

Figura 3.40 - Distribuição geográfica da indústria dos óleos em Portugal Continental.

A figura 3.41 apresenta a distribuição geográfica das instalações industriais relacionadas com o setor de outras bebidas alcoólicas.

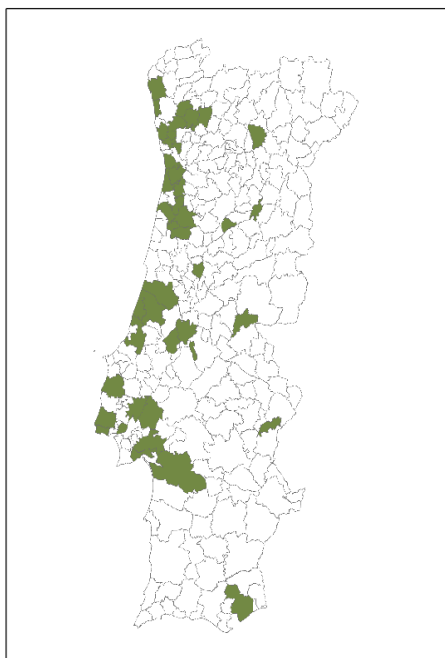


A indústria de outras bebidas alcoólicas em Portugal Continental apresenta-se como um setor significativo, embora muito aquém do setor vinícola.

Não foram identificados subprodutos relevantes, resultado desta atividade industrial.

Figura 3.41 - Distribuição geográfica da indústria de outras bebidas alcoólicas em Portugal Continental.

A figura 3.42 apresenta a distribuição geográfica das instalações industriais relacionadas com o sector da pasta e papel.



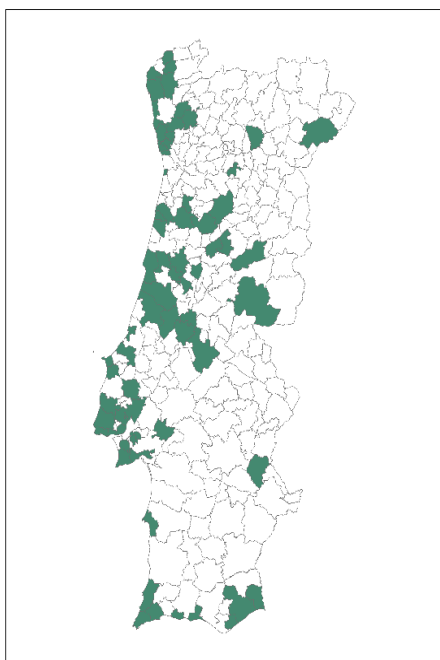
As unidades de processamento de pasta e papel encontram-se dispersas pelo território de Portugal Continental, apresentando uma distribuição pouco homogénea ao longo do litoral.

As indústrias da pasta e papel utilizam já os seus resíduos da sua atividade em centrais de cogeração localizadas no local de processamento das matérias-primas.

São atualmente das empresas nacionais melhor colocadas para iniciar o desenvolvimento das biorefinarias de base florestal.

Figura 3.42 - Distribuição geográfica da indústria da pasta e papel em Portugal Continental.

A figura 3.43 apresenta a distribuição geográfica das instalações industriais relacionadas com o setor da perfumaria.

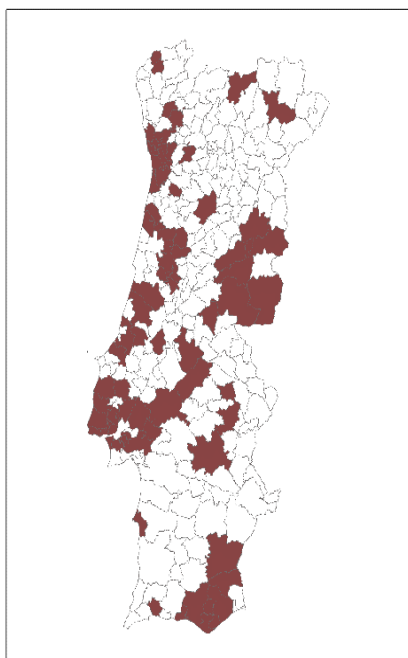


A indústria da perfumaria encontra-se distribuída ao longo do litoral de Portugal Continental, com algumas instalações industriais no Algarve, Norte e Beira Interior.

A indústria da perfumaria é passível de gerar resíduos resultantes do processamento de óleos essenciais. No entanto, a pequena dimensão destas empresas pode ser uma desvantagem para o desenvolvimento de biorefinarias com base nesta atividade.

Figura 3.43 - Distribuição geográfica da indústria da perfumaria em Portugal Continental.

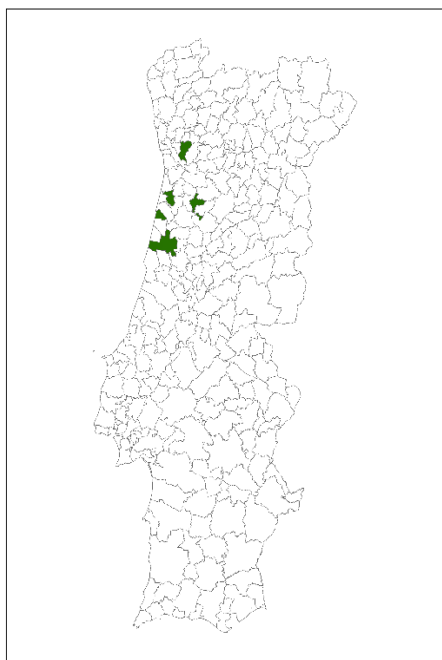
A figura 3.44 apresenta a distribuição geográfica das instalações industriais relacionadas com o sector da pesca.



Os estabelecimentos industriais da pesca encontram-se distribuídos por quase todo o território de Portugal Continental. As farinhas resultantes da atividade de processamento industrial, junto com alguns óleos de peixe descartados apresentam algum potencial de valorização no âmbito de uma biorefinaria de base marítima.

Figura 3.44 - Distribuição geográfica da indústria da pesca em Portugal Continental.

A figura 3.45 apresenta a distribuição geográfica das instalações industriais relacionadas com o setor químico.



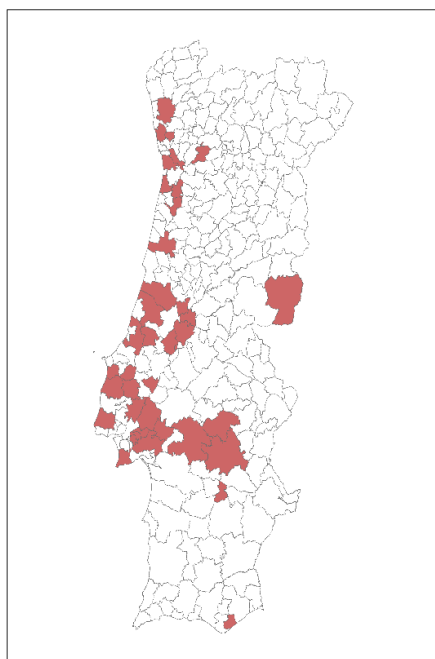
A indústria dos produtos químicos encontra-se na zona litoral norte de Portugal Continental, relativamente dispersa.

No entanto, não foram identificados subprodutos de biomassa ou de origem orgânica relevantes resultantes da atividade industrial deste setor.

Poderão ser potenciais utilizadores desses resíduos num enquadramento de ecologia industrial.

Figura 3.45 - Distribuição geográfica da indústria dos produtos químicos em Portugal Continental.

A figura 3.46 apresenta a distribuição geográfica das instalações industriais relacionadas com o setor das rações (para alimentação animal).

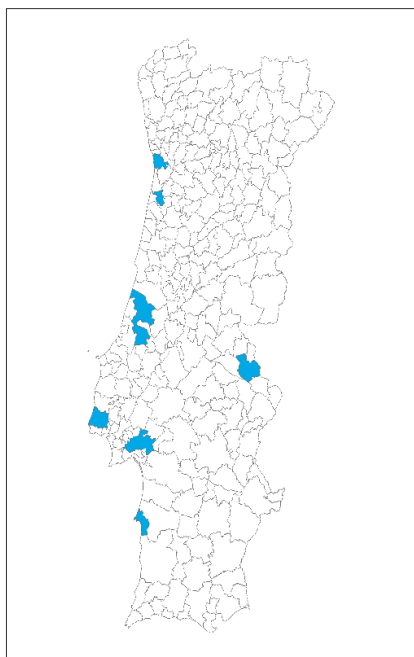


Os estabelecimentos de processamento de rações (para alimentação animal) encontram-se distribuídos pelo litoral Centro e Norte, com algumas unidades no Alentejo e com menos expressão no Algarve e Interior.

Não é esperado que produzam resíduos relevantes. De fato, a indústria das rações integra o subsetor da alimentação animal, destino privilegiado de muitos subprodutos mencionados neste trabalho, como é o caso do repiso de tomate e da polpa de alfarroba, entre outros.

Figura 3.46 - Distribuição geográfica da indústria das rações em Portugal Continental.

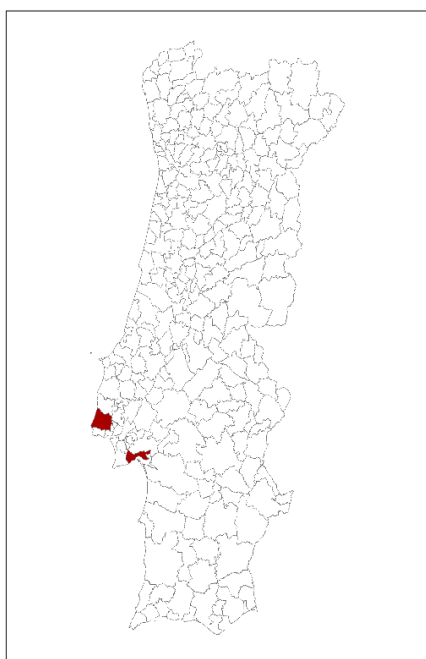
A figura 3.47 apresenta a distribuição geográfica das instalações industriais relacionadas com o setor das resinas.



As unidades industriais do processamento de resinas encontram-se bastante dispersas geograficamente e não é esperado que produzam resíduos relevantes de biomassa. Poderão ser potenciais utilizadores desses resíduos num enquadramento de ecologia industrial.

Figura 3.47 - Distribuição geográfica da indústria das resinas em Portugal Continental

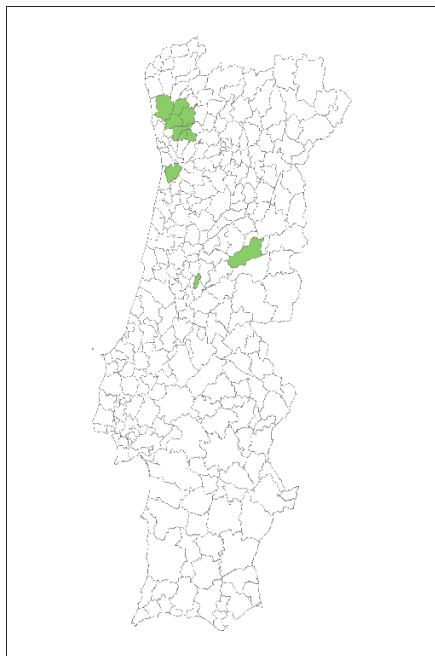
A figura 3.48 apresenta a distribuição geográfica das instalações industriais relacionadas com o setor tabaqueiro.



A indústria do tabaco apresenta uma abrangência geográfica negligenciável, concentrada na zona da Grande Lisboa. Não foram identificados resíduos relevantes da atividade industrial.

Figura 3.48 - Distribuição geográfica da indústria do tabaco em Portugal Continental.

A figura 3.49 apresenta a distribuição geográfica das instalações industriais relacionadas com o setor têxtil.



As unidades industriais têxteis em Portugal Continental são escassas atualmente. Esta indústria apresenta uma grande concentração de estabelecimentos na região do Entre Douro e Minho.

No entanto, não é exatável que produza resíduos relevantes de biomassa nem em quantidades significativas.

De facto os resíduos destas empresas podem ter uma valorização de índole superior, como a reciclagem, e ter mesmo um papel social muito significativo

Figura 3.49 - Distribuição geográfica da indústria têxtil em Portugal Continental.

Através da análise das figuras desta secção, é possível concluir que os setores agroindustriais com maior expressão em termos de abrangência geográfica são os setores da carne, frutos e hortícolas, madeira, alimentação, azeite, vinho e laticínios. Destacam-se também os setores industriais das rações, perfumaria, pasta e papel, outras bebidas alcoólicas e cerveja.

No entanto, uma elevada abrangência geográfica não se traduz numa maior quantidade de resíduos produzidos. Outra consequência é ainda não se conhecer com certeza nem a natureza nem a quantidade de resíduos produzidos por estabelecimento industrial. Isto limita o estudo da localização otimizada de instalações de aproveitamento da biomassa residual. Por outro lado, estas instalações são multi-bioproductos, pelo que a heterogeneidade de estabelecimentos industriais por atividade económica poderá ser aproveitada no sentido do desenvolvimento de novas tecnologias de conversão de modo a criar produtos de valor acrescentado.

Uma estimativa mais correta da quantidade de resíduos da indústria do vinho pode passar por uma obrigação de reporte direcionada aos destiladores reconhecidos pelo IFAP sobre a quantidade de resíduos processados.

Em relação à evolução temporal da agroindústria desde que foi efetuado o estudo do LNEG em 2007, esta revela pouca variabilidade quanto à distribuição dos respetivos estabelecimentos industriais nos setores tratados. No entanto, uma variável considerada nesta dissertação foi a segregação por setores agroindustriais no mapeamento dos estabelecimentos industriais, o que não aconteceu no trabalho de 2007. Assim, apesar de não se terem analisado amostras residuais dos estabelecimentos considerados, conseguiu-se uma melhor ideia do tipo de resíduos que encontramos por região estatística analisada.

O estudo de 2007 também não considerou os pequenos produtores, fator que foi considerado na realização desta dissertação pois a revisão bibliográfica realizada conclui que o setor agroalimentar revela heterogeneidade relativamente à concentração de produção. Também há que ter em conta que, apesar da distribuição geográfica abrangente, a natureza dos resíduos agroindustriais é bastante diversa e é necessário garantir a segurança de abastecimento das centrais de biomassa e biorefinarias com quantidades de biomassa residual regulares. Para isso, é preciso estudar os melhores métodos de aproveitamento energético.

Existe ainda a questão de a caracterização da agroindústria incluir mais setores estudados neste trabalho do que no inquérito do LNEG de 2007, no qual foi apenas considerado o material vegetal das produções do setor agroalimentar. Por exemplo, as farinhas de carne e ossos produzidas nos matadouros (resíduo da indústria da carne) são maioritariamente encaminhadas diretamente para eliminação por obrigação legislativa, pelo que seria interessante estudar o seu potencial de conversão em contexto bioenergético. Um estudo posterior a ser feito, e que é de extrema importância, será a identificação e quantificação do total de resíduos produzidos por estabelecimento industrial.

Apesar da distribuição geográfica apresentada neste trabalho ser importante e estar de acordo com dados oficiais, esta deve ser encarada como apenas preliminar pois, tendo em conta a introdução dos pequenos produtores, é necessário abordar a questão da viabilidade do aproveitamento energético dos resíduos a eles afetos através da identificação e quantificação destes resíduos. Deve ser feita uma análise técnico-económica detalhada e capaz de ser integrada num estudo dos resíduos agroindustriais na sua totalidade, levando em conta as realidades de produção dos estabelecimentos industriais de várias capacidades.

Relativamente ainda à distribuição geográfica e número aproximado de estabelecimentos em atividade, devido aos incêndios de 2017, é tido como quase certo que esta secção está desatualizada, pelo que deverá ser uma prioridade dos organismos competentes, nomeadamente das Câmaras Municipais, das Direções Regionais de Agricultura e Pescas e do IAPMEI, atualizar e otimizar as bases de dados relativas aos estabelecimentos industriais.

3.3.3 Resultados da análise da composição química dos subprodutos agroindustriais

Nas tabelas desta secção do trabalho, estão discriminados os resultados da análise composicional de vários subprodutos agroindustriais. Os resíduos são misturas provenientes de diferentes unidades industriais. Tal como na secção 3.3.3. deste trabalho, os valores apresentados são valores ponderados da literatura, dados do LNEG e dados obtidos experimentalmente, tal como na secção 3.3.3 deste trabalho.

Tabela 3.7 - Principais resultados da caracterização química da drecche cervejeira, casca de arroz, BAE e casca de frutos rijos (% em base seca).

Componente	Drecche cervejeira	Casca de arroz	BAE	Casca de frutos rijos
Celulose	21,2	36,3	19,22	25,93
Xilanas	19,8	18,4	14,27	16,27
Arabinanas	9,8	1,9	2,95	2,72
Hemicelulose				
Galactano	-	-	-	-
Manano	-	-	-	-
Grupos acetilo	0,8	2,4	4,90	1,99
Lenhina de Klason	22,2	21,3	12,17	42,63
Cinza	1,1	14,3	8,83	3,04
Outros	25,1	5,4	37,66	7,4
Referências bibliográficas	[60, 109-114]	[59, 115]	[116, 117]	[118, 119]

Comparando com a composição química dos sobranes agrícolas (Tabela 3.2), conclui-se que a percentagem de celulose diminui significativamente nos subprodutos agroindustriais, com exceção da casca de arroz. Os valores percentuais da lenhina, xilanas e arabinanas encontram-se em linha com os observados na análise composicional dos sobranes agrícolas.

A polpa de alfarroba, por não se enquadrar nos MLC, tem parâmetros diferentes dos restantes materiais apresentados nesta secção e, como tal, a sua análise composicional é apresentada separadamente na tabela seguinte.

Tabela 3.8 - Principais resultados da caracterização química da polpa de alfarroba (% em base seca).

Componente	Polpa de alfarroba
Glucose	8,54
Sacarose	42,68
Frutose	5,97
Pinitol	5,22
Lenhina	18,86
Celulose	7,64
Hemicelulose	0,26
Proteínas	4,70
Cinza	3,11
Outros	3,02
Referências bibliográficas	[120, 121]

Alguns dos resultados dos parâmetros laboratoriais estudados (Tabela 2.4) não se encontram presentes nesta secção devido a resultados inconstantes e/ou díspares relativamente à literatura.

3.3.4 Estimativa do potencial de conversão em bioetanol

A estimativa da quantidade de bioetanol que é possível obter através dos resíduos agroindustriais pôde ser calculada após a caracterização da biomassa residual, aplicando os procedimentos laboratoriais descritos na Tabela 2.4. Como já foi abordado na secção 1.3 deste trabalho, os oligossacáridos com maior importância para a conversão são as hexoses e as pentoses. Os valores das pentoses são obtidos através da soma das frações de xilanas e arabinanas, enquanto os valores das hexoses são dados pelo glucano.

Tabela 3.9 - Estimativa do potencial de conversão em bioetanol (em litros por tonelada de resíduo seco) da drecche cervejeira, casca de arroz, BAE, casca de casca de caroço de pêssgo e pinhão, e respetivo total anual produzido, baseado nas quantidades da Tabela 3.5 e da Tabela 3.6 (em milhões de litros).

Subproduto agroindustrial	Bioetanol (L/t matéria seca)	Total anual produzido (ML)
Casca de arroz	412,877	14,0
Dreche cervejeira	372,440	26,4
Casca de caroço de pêssgo	343,232	0,1
Casca de frutos rijos	328,149	4,9
BAE	266,500	23,5

O BAE é o material que apresenta menor potencial de conversão em bioetanol; contudo, devido às elevadas quantidades produzidas anualmente (Tabela 3.5), deve ser considerado um dos principais subprodutos agroindustriais em Portugal Continental.

A drecche cervejeira apresenta o maior valor para a estimativa das quantidades anual de produção de etanol; contudo, é de notar que este subproduto apresenta uma elevada percentagem de humidade (Tabela 1.4).

Apesar da casca de caroço de pêssgo estar incluída no potencial analisado na mesma tabela e o seu potencial de conversão ser significativo, a partir das quantidades produzidas deste subproduto (Tabela 3.5) e dos valores de produção das podas de pessegueiro (Figura 3.12) é possível concluir que a produção de pêssgo e, conseqüentemente, dos seus sobrantes, tem vindo a diminuir desde meados dos anos 90, registando um ligeiro aumento nos últimos anos e uma diminuição novamente em 2016.

Os componentes químicos da polpa de alfarroba utilizados na conversão são diferentes dos restantes subprodutos, pois apresenta diferente composição química, pelo que são apresentados separadamente, na Tabela 3.10.

Tabela 3.10 - Estimativa da quantidade de bioetanol produzida (em litros por tonelada de matéria seca), obtida através da caracterização química dos resíduos agroindustriais, e respetivo total anual produzido, baseado nas quantidades da Tabela 3.5 (em milhões de litros).

Subproduto	Bioetanol (L/t matéria seca)	Total anual produzido (ML)
Polpa de alfarroba	387,055	17,4

Comparando com o potencial de conversão e quantidade produzida anualmente estimados para os outros subprodutos, a polpa de alfarroba encontra-se em linha com os restantes valores da Tabela 3.9.

3.3.5 Avaliação do potencial de valorização biotecnológico através do BVPI

O indicador técnico-económico utilizado é o BVPI, cuja metodologia se encontra descrita na secção 1.13 deste trabalho. De referir que o estudo da aplicação do BVPI à maior parte destes resíduos já havia sido feita; no entanto, verificou-se que as tecnologias de pré-tratamento e conversão evoluíram ao longo do tempo, pelo que, neste trabalho, este fator é caracterizado por uma classificação mais elevada deste parâmetro.

Tabela 3.11 - Classificação BVPI dos vários subprodutos agroindustriais estudados.

Subprodutos	Casca de arroz	Dreche cervejeira	BAE	Polpa de alfarroba	Casca de frutos rijos	Casca de caroço de pêssgo
Natureza biológica	3	3	1	1	2	1
Composição macromolecular	1	1	0	3	1	1
Humidade	3	1	3	3	3	2
Caraterísticas físicas	2	2	3	3	0	0
Sazonalidade	3	3	3	3	3	1
Valor económico	2	2	2	0	2	3
Dependência do mercado	3	3	3	3	3	3
Tecnologia/destino atual	3	3	2	2	2	2
Estado de desenvolvimento da tecnologia	2	2	3	2	3	3
Quantidades disponíveis	2	3	2	2	0	0
Concentração geográfica	1	2	2	2	0	0
Restrições políticas/legais	2	2	2	2	2	2
Classificação BVPI	27	27	26	26	21	18

Os resíduos agroindustriais que apresentam maior viabilidade de aproveitamento são então a casca de arroz e a dreche cervejeira, seguidos do BAE e da polpa de alfarroba. Como visto na secção anterior (Tabela 3.9), à exceção do BAE, todos estes materiais apresentam um elevado potencial de conversão em bioetanol.

Os valores obtidos para os subprodutos agroindustriais, relativamente a este indicador, são mais elevados dos que os obtidos para os sobrantes agrícolas devido ao fator sazonalidade; tratando-se de resíduos de culturas agrícolas, estes últimos não estão disponíveis todo o ano, como é o caso dos subprodutos das indústrias.

Verifica-se uma grande discrepância de valores do BVPI entre a classificação obtida pela casca de arroz, cujo valor para este indicador se apresenta como o mais elevado, e a classificação obtida pela casca de casca de caroço de pêssgo. Esta discrepância não se verificou entre as classificações obtidas entre os sobrantes agrícolas (secção 3.3.5); os subprodutos agroindustriais apresentam variações mais significativas entre si nos fatores biológicos e físico-químicos e nos fatores geográficos.

4 Conclusões e Desenvolvimentos Futuros

São ainda muitas as barreiras burocráticas no acesso a dados específicos de resíduos agroindustriais por uma questão de confidencialidade. Os dados que existem e são publicados são pouco específicos e a informação encontra-se dispersa, havendo muitos sistemas de informação e pouca ou nenhuma articulação entre eles. Consequentemente, as entidades coordenadoras responsáveis pelo licenciamento dos estabelecimentos industriais são várias, o que leva a alguma descoordenação e incoerências no registo dos estabelecimentos na base de dados do IAPMEI.

Mais, as bases de dados oficiais disponibilizadas não são ativamente atualizadas. Há ainda que ter em conta, relativamente aos estabelecimentos industriais nelas reportados, que os incêndios de 2017 destruíram algumas unidades industriais e campos agrícolas, bem como agroflorestais, pelo que é urgente uma atualização imediata.

Apesar de ser necessário integrar as diferentes bases de dados relativas à quantificação e localização dos diferentes recursos energéticos a nível europeu, verificou-se que as bases de dados nacionais ainda não se encontram suficientemente preparadas para tal.

Assim, uma primeira sugestão, e dada a relevância que estes resíduos têm para o desenvolvimento da bioeconomia, é que as bases de dados oficiais sobre licenciamento industrial passem a ter a valência de agrupar a informação disponibilizada para efeito de reporte de resíduos e/ou vice-versa. Mais, é também necessário que haja informação sobre outro tipo de resíduos que não apenas os resíduos perigosos. Especificamente, os resíduos de natureza lenhocelulósica devem ser alvo de um tratamento especial, dado o seu processo de conversão em curso para matérias-primas da bioeconomia.

O desenvolvimento da bioeconomia e, consequentemente, das biorefinarias de um modo sustentável é muito encorajado pela UE; de igual modo, o aproveitamento energético de sobranes agrícolas e resíduos agroindustriais deverá tomar um papel crucial nos próximos anos, pelo que a quantificação e georreferenciação das unidades industriais que produzem estes resíduos toma um papel prioritário.

Em Portugal Continental, os principais sobranes agrícolas identificados foram os sobranes de milho e de arroz (principalmente palha) e as podas das vinhas e das oliveiras, enquanto os principais resíduos agroindustriais identificados consistem na casca de arroz, na dreche cervejeira, no BAE e na polpa de alfarroba.

Estes subprodutos agroindustriais resultam das atividades industriais das indústrias cervejeiras (dreche cervejeira), de F&H (polpa de alfarroba), do arroz (casca de arroz) e dos óleos/azeite (BAE).

A indústria vinícola, embora uma das mais importantes em território nacional, apresenta subprodutos com uma linha de aproveitamento já estabelecida; não se dispõe, de momento, de dados suficientes para avaliar a viabilidade do aproveitamento dos seus subprodutos.

Os resíduos da indústria dos produtos cárneos, nomeadamente as farinhas de carne, sangue e ossos, podem apresentar um potencial de valorização energética pelo que se deverá também considerar o seu aproveitamento energético em alternativa à atual eliminação obrigatória.

As borras de café, subproduto da indústria do café e chá, também poderá apresentar um potencial interessante de valorização; contudo, neste momento, não se dispõe de conhecimento suficiente desta indústria para confirmar este potencial.

A indústria da madeira apresenta processos de valorização dos subprodutos maduros e bem estabelecidos; poderia eventualmente considerar-se a realização da análise de ciclo de vida nesta indústria.

A maior parte dos sobrantes agrícolas apresentam valores de produção constantes ao longo do tempo, pelo que não comprometem a cadeia de abastecimento de uma biorefinaria ou central de biomassa. Contudo, não pode ser assumido que toda esta produção está disponível para fins energéticos uma vez que a fertilização dos solos agrícolas pode ser feita com estes materiais; são também materiais que podem servir de alimento e cama para os animais em explorações agropecuárias. Será preciso encorajar a eventual valorização energética com incentivos monetários e legislação adequada para que se possa tirar partido destes materiais, não pondo em causa a operação das unidades agrícolas e agropecuárias.

Quanto aos subprodutos agrícolas, as estimativas das quantidades apresentadas nas tabelas 3.5 e 3.6, com exceção da dreche cervejeira na Tabela 3.6, são estimativas em toneladas por ano que não estão publicadas em nenhuma plataforma nem publicação consultada. Isto significa que podem estar sobre ou subestimadas consoante a produção em vários anos e, como não têm obrigatoriedade de reporte, não é possível estudar a sua variabilidade temporal, como foi feito no caso dos sobrantes agrícolas. Como tal, não se pode concluir sobre a segurança de abastecimento de biorefinarias e centrais de biomassa utilizando estes materiais.

As estimativas das quantidades de produção de sobrantes agrícolas (Tabela 3.1) são muito elevadas globalmente quando comparadas com as quantidades estimadas de produção dos subprodutos agroindustriais (Tabela 3.5 e Tabela 3.6) e os valores obtidos para os potenciais de conversão dos sobrantes agrícolas (Tabela 3.3) estão equiparados aos valores dos potenciais de conversão dos subprodutos agroindustriais (Tabela 3.9 e Tabela 3.10); contudo, devido às elevadas quantidades estimadas de sobrantes agrícolas, quando comparadas com as quantidades estimadas de subprodutos agroindustriais, os valores de produção de etanol estimados para os sobrantes agrícolas são muito superiores aos valores estimados para os subprodutos agroindustriais.

A estimativa anual de produção teórica de bioetanol a partir dos sobrantes agrícolas estudados é de 1190 milhões de litros e, através da valorização dos resíduos agroindustriais, é de 86 milhões de litros.

Estes valores são meramente indicativos uma vez que, como já discutido, não são assumidos valores de rendimento dos processos de pré-tratamento dos sobrantes e subprodutos estudados e que, no caso dos sobrantes agrícolas, são utilizados rácios resíduo/produto na estimativa das quantidades anuais que, embora otimizados, não estão salvaguardados de eventuais erros.

No futuro, a estimativa dos potenciais de conversão de outros biocombustíveis e biolíquidos (como o *syngas*, os óleos de pirólise, o biodiesel e o biogás) a partir dos sobrantes agrícolas e subprodutos agroindustriais identificados neste trabalho é importante, de modo a que seja possível quantificar o potencial português para a produção de biocombustíveis. A quantificação e referenciamento geográfico deste potencial é muito importante para que sejam desenvolvidas políticas estratégicas nacionais e europeias de apoio aos biocombustíveis.

5 Referências Bibliográficas

1. *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. 1987.
2. Neto, F. and F. Rosa. *Biocombustíveis*. 2001 [cited 2018; Available from: http://e-geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/energias_renov/intro.htm].
3. Garcia, R., *Portugal já cumpriu o Protocolo de Quioto*, in *Público*. 2014.
4. Pinto, J.M., *The New European Energy Package - Comunicação APREN*. 2017.
5. ENMC, E.P.E. *Tipos de biocombustíveis*. 11 de março de 2018].
6. Teresa Marcos, Ismael Marcos, and J. Carrilho, *Colza enche campos alentejanos*, in *RTP Notícias*. 2016.
7. Amalfi, M., et al., *Fomitiporia cupressicola sp. nov., a parasite on Cupressus arizonica, and additional unnamed clades in the southern USA and northern Mexico, determined by multilocus phylogenetic analyses*, in *Mycologia*. 2012. p. 880-893.
8. Sousa, I., *Valorização de subprodutos da indústria alimentar: fechar o círculo – Conferência Rede AGRO*. 2017.
9. *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe, COM(2012)60 final*. 2012 23 de fevereiro de 2017]; Available from: https://www.researchgate.net/Figura-2-Produtividade-em-oleo-de-diferentes-materias-primas-de-origem-vegetal-SANTOS_fig2_281164918
10. ENMC, E.P.E. *Sustentabilidade*. [cited 2017 1 de fevereiro]; Available from: <http://www.enmc.pt/pt-PT/atividades/biocombustiveis/entidade-coordenadora-do-cumprimento-dos-criterios-de-sustentabilidade-ecs-/sustentabilidade/>.
11. Commission, E. *Projeto Inspire*. 2001 - 2004 4/2/2017]; Available from: <http://inspire.ec.europa.eu/>.
12. INE, I.P., *Classificação Portuguesa das Atividades Económicas Rev. 3*. 2007: Lisboa.
13. Marques, J., *Viabilidade de incorporação de resíduos florestais e agrícolas para produção de pellets*. 2009, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro: Vila Real.
14. Patrão, G. and I. Cabrita. *Biomassa*. 2001 11 de março de 2018]; Available from: http://e-geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/energias_renov/intro.htm.
15. *Mais de 442 mil hectares ardidos no pior ano de sempre em Portugal*, in *Diário de Notícias*. 2017.
16. Costa, A.R., *Portugal “quadruplicou a produção de azeite” nos últimos dez anos*, in *Revista Vida Rural*. 2017.
17. Costa, A.R., *Produção de noz e amêndoa em risco devido à geada*, in *Revista Vida Rural*. 2017.
18. INE, I.P., *Estatísticas Agrícolas 2016*, in *Estatísticas Agrícolas*. 2016: Lisboa.
19. IFAP, I.P. *CONDICIONALIDADE - MADEIRA 2010*. [Online] 2010 20 de agosto de 2010 28 de março de 2018]; Available from: http://www.ifap.min-agricultura.pt/portal/page/portal/ifap_publico/GC_obrigacoes/GC_condic_MAD_R/GC_condic_MAD_D#.Wrthjm3wbIW.
20. *Decreto-lei nº 73/2015, de 11 de maio*, in *Diário da República, 1ª Série, nº 90*. 2015.
21. *Dados Macroeconómicos*. 2015 6/10/2017].
22. INE, I.P., *Estatísticas da Produção Industrial - 2016*. 2016.
23. Sousa, I. and C. Noéme, *A Indústria Alimentar*. Indústria e Ambiente, 2016(99).
24. APA, I.P., *Guia de classificação de resíduos*. 2017.
25. APA, I.P. *PRTR - Registo de Emissões e Transferências de Poluentes*. 22 de março de 2018]; Available from: <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=17&subref=156>.
26. APA, I.P. *Resultados PRTR Portugal*. 22 de março de 2018]; Available from: <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=17&subref=156&sub2ref=369>.
27. INE, I.P. *Resíduos sectoriais produzidos (t) por Tipo de resíduo (CER-stat) e Actividade económica (CAE Rev. 3); Anual*. [Online] 2016 22 de fevereiro de 2018 21 de março de 2018]; Available from:

- https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0006061&contexto=bd&selTab=tab2.
28. Alisi, C., et al., *Rapid isolation, characterization, and glycan analysis of Cup a 1, the major allergen of Arizona cypress (Cupressus arizonica) pollen*. Allergy, 2001. **56**: p. 978-984.
 29. Eurostat. *Generation of waste by economic activity - Agriculture, forestry and fishing*. [cited 2016 26/10/2016]; Total amount of waste generated by households and businesses by economic activity according to NACE Rev. 2 and year.]. Available from: <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=1&language=en&pcode=en00106>.
 30. *Waste statistics 2012* [cited 2016 26/10/2016]; Available from: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics.
 31. Eurostat. *Generation of waste by waste category, hazardousness and NACE Rev. 2 activity*. [cited 2017 3 de fevereiro]; Available from: http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_wasgen&lang=en.
 32. INE, I.P., *Estatísticas dos Resíduos*. 2014.
 33. Duarte, L.C., et al., *Os subprodutos agro-industriais de natureza lenhocelulósica - caracterização da situação portuguesa*. Dossier tecnologia agro-alimentar, 2007.
 34. Caetano, M., *A alfarroba pode ter encontrado um mercado nicho no Médio Oriente*, L.C. Duarte, Editor. 2017.
 35. *Alfarroba*. Produtos tradicionais portugueses [Online] 2001 24/9/2018]; Available from: <https://tradicional.dgadr.gov.pt/pt/cat/frutos-secos-secados-e-similares/272-alfarroba>.
 36. Duarte, L.C., et al., *Biotechnological valorization potential indicator for lignocellulosic materials*. Biotechnol J, 2007. **2**(12): p. 1556-63.
 37. Quilhó, L., *Produção de Bioetanol a partir de Materiais Lenho-celulósicos de Sorgo Sacarino: Revisão Bibliográfica*. 2011, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. p. 11.
 38. Per Hoffmann, Oskar Faix, and R. Lehn.
 39. Silva, A.F., *Análise Estratégica da Produção e Consumo de Biocombustíveis em Portugal e Espanha e as Perspectivas de Competitividade Futura de Biorefinarias*. 2011, Instituto Superior Técnico: Lisboa. p. 10, 15.
 40. Serigado, S.B., *Recuperação de xilanas por processos de separação com membranas*. 2014, Instituto Superior Técnico: Lisboa. p. 4.
 41. Delgado, S., *Obtenção de melaço rico em xilitol a partir da biomassa de milho*, in *Departamento de Ciências da Vida*. 2015, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra: Coimbra. p. 28.
 42. D. Humbird, et al., *Process Design and Economics for Biochemical Conversion of Lignocellulosic Biomass to Ethanol*. 2011, NREL.
 43. LNEG, I.P., *Plano Nacional para a promoção das biorrefinarias - Horizonte 2030*. 2017.
 44. *Sobre a Revolução da Economia Circular*. 2016 20/2/2017]; Available from: <https://medium.com/plataformareverse/sobre-a-revolu%C3%A7%C3%A3o-da-economia-circular-c9a06105a9df#.hl3e0waf6>.
 45. *O que é a economia circular?* 2016 12/8/2016 20/2/2017]; Available from: <http://gazetacaldas.com/opiniao/o-que-e-a-economia-circular/>.
 46. MSN, *Incêndios: O Governo vai apostar em biorrefinarias e centrais de biomassa (editado)*. 2017.
 47. *Anuário APREN*. 2017, APREN.
 48. *Resolução da Assembleia da República nº 71/2018, aprovada a 19 de janeiro de 2018*, in *Diário da República - 1ª Série*, Nº 55. 2018.
 49. *Resolução da Assembleia da República nº 73/2018, aprovada a 19 de janeiro de 2018*, in *Diário da República - 1ª Série*, Nº 56. 2018.
 50. Almeida, J.R.M. and B. Hähn-Hägerdal, *Developing Saccharomyces cerevisiae strains for second generation bioethanol: Improving xylose fermentation and inhibitor tolerance*. International Sugar Journal, 2009. **111**: p. 172-180.
 51. Rainho, P., *Pagamos a eletricidade mais cara da Europa?*, in *Observador*. 2017.

52. Silva, N.M., *Energias renováveis asseguraram consumo de eletricidade em Portugal durante 69 hora*, in *O Jornal Económico* 2018.
53. Allen, P.W., *Industrial Fermentations*. 1926.
54. *Biomass Energy Europe*. Available from: www.eu-bee.eu/
55. BioBoost Project. [cited 2016; Available from: <http://www.bioboost.eu/home.php>
56. Ahlqvist, J., et al., *One-pot catalytic conversion of Nordic pulp media into green platform chemicals*. *Applied Catalysis A: ...*, 2013. **454**: p. 21-29.
57. *Classification of European Biomass Potential for Bioenergy Using Terrestrial and Earth Observations*. 2010; Available from: www.ceubiom.org.
58. *EUpunning*. Available from: <http://www.eupunning.eu/>
59. Moniz, P., *Processos de fracionamento de resíduos agroindustriais para obtenção de hemiceluloses e lenhina de elevada qualidade para aproveitamento integrado no âmbito de uma biorrefinaria*. 2014, Instituto Superior de Agronomia: Lisboa.
60. Duarte, L.C., et al., *Comparison of Two Posthydrolysis Processes of Brewery's Spent Grain Autohydrolysis Liquor to Produce a Pentose-Containing Culture Medium*. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 2004. **115**(1-3): p. 1041-1058.
61. Ruiz, E., et al., *Ethanol production from pretreated olive tree wood and sunflower stalks by an SSF process*. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 2006. **130**(1-3): p. 631-643.
62. Nasser, R.A., et al., *Fuel Characteristics of Vine Prunings (Vitis vinifera L.) as a Potential Source for Energy Production*. *Bioresources*, 2014. **9**(1): p. 482-496.
63. Algarve;, D.R.d.A.e.P.d. and D.R.d.A.e.P.d.L.e.V.d. Tejo, *Aproximação dos rácios resíduo/produto das podas de árvores de frutos de casca rija e de frutos frescos ao rácio resíduo/produto das podas de oliveira*, L.C. Duarte, Editor. 2017.
64. *Decreto-Lei n.º 46/1989 de 15 de fevereiro*, in *Diário da República n.º 38, Série I*. 1989. p. 590 - 594.
65. Altawell, N., *The Selection Process of Biomass Materials for the Production of Bio-fuels and Co-firing*. 2014.
66. *Amadeus*. 2017 12/10/2017]; Available from: <https://www.bvdinfo.com/en-us/our-products/company-information/international-products/amadeus>.
67. Amartey, S. and T.W. Jeffries, *An improvement in Pichia stipitis fermentation of acid-hydrolysed hemicellulose achieved by overliming (calcium hydroxide treatment) and strain adaptation*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 1996. **12**: p. 281-283.
68. Alcântara, F., M.A. Cunha, and M.A. Almeida, *Microbiologia: Práticas laboratoriais*. 2001.
69. B. Hames, et al., *Preparation of Samples for Compositional Analysis*. 2008, NREL.
70. A. Sluiter, et al., *Determination of Total Solids in Biomass and Total Dissolved Solids in Liquid Process Samples*. 2008, NREL.
71. A. Sluiter, et al., *Determination of Ash in Biomass* 2005, NREL.
72. B. Hames, C. Scarlata, and A. Sluiter, *Determination of Protein Content in Biomass*. 2008, NREL.
73. A. Sluiter, et al., *Determination of Extractives in Biomass*. 2005, NREL.
74. A. Sluiter, et al., *Determination of Structural Carbohydrates and Lignin in Biomass*. 2012, NREL.
75. A. Sluiter, et al., *Determination of Sugars, Byproducts, and Degradation Products in Liquid Fraction Process Samples*. 2006, NREL.
76. A. Sluiter and J. Sluiter, *Determination of Starch in Solid Biomass Samples by HPLC*. 2005, NREL.
77. D. Hyman, et al., *Determination of Acid Soluble Lignin Concentration Curve by UV-Vis Spectroscopy*. 2007, NREL.
78. *Ethanol Yield Calculator*. 26/3/2018]; Available from: http://www1.eere.energy.gov/biomass/ethanol_yield_calculator.html.
79. Instituto Nacional de Estatística, I.P. *A Informação Estatística do INE*. [cited 2017 6 de fevereiro]; Available from: https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_cont_inst&INST=53884&xlang=pt.
80. APA, I.P., *Listagem de resíduos divulgados no ciclo PRTR 2013*. 2015.

81. EP. 353 RICARDO BARBOSA – BIOCMBUSTÍVEIS COM “SABOR” A KIWI. PROJETO USA FONTES ALTERNATIVAS DE BIOMASSA PARA PRODUÇÃO DE BIOCMBUSTÍVEIS. 90 segundos de ciência [Online] 2018 30 de março de 2018]; Available from: <http://www.90segundosdeciencia.pt/episodes/ep-353-ricardo-barbosa/>.
82. Coelho, M.J., et al., *Aproveitamento da biomassa para produção de energia - Caracterização da situação atual*. 2016.
83. Liu, Y., et al., *Effects of different biofilm carriers on biogas production during anaerobic digestion of corn straw*. Bioresour Technol, 2017. **244**(Pt 1): p. 445-451.
84. Shi, F., H. Xiang, and Y. Li, *Combined pretreatment using ozonolysis and ball milling to improve enzymatic saccharification of corn straw*. Bioresour Technol, 2015. **179**: p. 444-451.
85. Wang, P., et al., *Effects of thermo-chemical pretreatment plus microbial fermentation and enzymatic hydrolysis on saccharification and lignocellulose degradation of corn straw*. Bioresour Technol, 2015. **194**: p. 165-71.
86. Dong, L., et al., *Alkali/urea pretreatment of rice straw at low temperature for enhanced biological hydrogen production*. Bioresour Technol, 2018. **267**: p. 71-76.
87. Krishania, M., V. Kumar, and R.S. Sangwan, *Integrated approach for extraction of xylose, cellulose, lignin and silica from rice straw*. Bioresource Technology Reports, 2018. **1**: p. 89-93.
88. Mancini, G., et al., *Trace elements dosing and alkaline pretreatment in the anaerobic digestion of rice straw*. Bioresour Technol, 2018. **247**: p. 897-903.
89. Chen, D.D., et al., *Catalytic hydroliquefaction of rice straw for bio-oil production using Ni/CeO₂ catalysts*. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 2018. **130**: p. 169-180.
90. Diaz, M.J., et al., *Hydrothermal pre-treatment and enzymatic hydrolysis of sunflower stalks*. Fuel, 2011. **90**(11): p. 3225-3229.
91. Seyed Mehdi Hesamia, et al., *Enhanced biogas production from sunflower stalks using hydrothermal and organosolv pretreatment*. Industrial Crops and Products, 2015. **76**: p. 449–455.
92. M. S. JESUS, et al. *Biorefinery approach for the valorization of vine pruning residue*. in XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química. 2016. Fortaleza, Brasil.
93. Portilla, O.M., et al., *Revalorisation of vine trimming wastes using Lactobacillus acidophilus and Debaryomyces hansenii*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2008. **88**(13): p. 2298-2308.
94. Salgado, J.M., et al., *Coupling two sizes of CSTR-type bioreactors for sequential lactic acid and xylitol production from hemicellulosic hydrolysates of vineshoot trimmings*. N Biotechnol, 2012. **29**(3): p. 421-7.
95. Sasaki, C., et al., *Steam explosion treatment for ethanol production from branches pruned from pear trees by simultaneous saccharification and fermentation*. Biosci Biotechnol Biochem, 2014. **78**(1): p. 160-6.
96. Cuevas, M., J.F. Garcia, and S. Sanchez, *Enhanced enzymatic hydrolysis of pretreated almond-tree prunings for sugar production*. Carbohydr Polym, 2014. **99**: p. 791-9.
97. M.J. Negro, C.A., I. Ballesteros, I. Romero, M. Ballesteros, E. Castro, P. Manzanares, and J.M.O. M. Moya, *Ethanol production from glucose and xylose obtained from steam exploded water-extracted olive tree pruning using phosphoric acid as catalyst*. Bioresource Technology, 2015. **153**: p. 101–107.
98. Cuevas, M., et al., *Determination of optimal pre-treatment conditions for ethanol production from olive-pruning debris by simultaneous saccharification and fermentation*. Fuel, 2010. **89**(10): p. 2891-2896.
99. Martin, J.F.G., et al., *Ethanol production from olive prunings by autohydrolysis and fermentation with Candida tropicalis*. Renewable Energy, 2010. **35**(7): p. 1602-1608.
100. Martinez-Patino, J.C., et al., *High Solids Loading Pretreatment of Olive Tree Pruning with Dilute Phosphoric Acid for Bioethanol Production by Escherichia coli*. Energy & Fuels, 2015. **29**(3): p. 1735-1742.
101. Moya, A.J., et al., *Fermentation of acid hydrolysates from olive-tree pruning debris by Pachysolen tannophilus*. Bioprocess Biosyst Eng, 2008. **31**(6): p. 611-7.
102. Negro, M.J., et al., *Alkaline twin-screw extrusion fractionation of olive-tree pruning biomass*. Industrial Crops and Products, 2015. **74**: p. 336-341.

103. Romero, I., et al., *Ethanol fermentation of phosphoric acid hydrolysates from olive tree pruning*. Industrial Crops and Products, 2007. **25**(2): p. 160-168.
104. Silva-Fernandes, T., et al., *Biorefining strategy for maximal monosaccharide recovery from three different feedstocks: eucalyptus residues, wheat straw and olive tree pruning*. Bioresour Technol, 2015. **183**: p. 203-12.
105. *Cotações – Culturas Arvenses, Palha e Cortiça – Informação Semanal – 10 a 16 Julho 2017*. 2017 14 de maio de 2018]; Available from: <https://www.agroportal.pt/cotacoes-culturas-arvenses-palha-e-cortica-informacao-semanal-10-a-16-julho-2017/>.
106. Dionísio, A., *Produção de oligossacarídeos por auto-hidrólise*, in *Departamento de Química*. 2013, Universidade de Aveiro: Aveiro. p. 19.
107. Cabrita, I., et al., *Avaliação do Potencial e Impacto do Biometano em Portugal*, I.P. LNEG, Editor. 2015.
108. IFAP, I.P. *Lagares Reconhecidos até 06.11.2012*. 2012 26 de março de 2018]; Available from: http://www.ifap.min-agricultura.pt/portal/page/portal/ifap_publico/GC_informacoes/GC_lagares#.WrklTW3wbIU.
109. Carvalho, F., et al., *Supplementation requirements of brewery's spent grain hydrolysate for biomass and xylitol production by Debaryomyces hansenii CCMI 941*. J Ind Microbiol Biotechnol, 2006. **33**(8): p. 646-54.
110. Carvalho, F., et al., *Xylitol production by Debaryomyces hansenii in brewery spent grain dilute-acid hydrolysate: effect of supplementation*. Biotechnol Lett, 2007. **29**(12): p. 1887-91.
111. Duarte, L.C., et al., *Comparison of Two Posthydrolysis Processes of Brewery's Spent Grain Autohydrolysis Liquor to Produce a Pentose-Containing Culture Medium*. Applied Biochemistry and Biotechnology, 2004. **113-116**: p. 1041-1058.
112. Duarte, L.C., et al., *Yeast biomass production in brewery's spent grains hemicellulosic hydrolyzate*. Appl Biochem Biotechnol, 2008. **148**(1-3): p. 119-29.
113. F. Carvalho, et al., *Evaluation of the detoxification of brewery's spent grain hydrolysate for xylitol production by Debaryomyces hansenii CCMI 941*. Process Biochemistry, 2005(40): p. 1215-1223.
114. Florbela Carvalho, L.C.D., Raquel Medeiros, Francisco M. Gírio, *Optimization of Brewery's Spent Grain Dilute-Acid Hydrolysis for the Production of Pentose-Rich Culture Media*. Applied Biochemistry and Biotechnology, 2004. **113-116**(12): p. 1059-1072.
115. Gullón, P., et al., *Assessment on the fermentability of xylooligosaccharides from rice husks*. BioResources, 2011. **6**(3): p. 3096-3114.
116. Fernandes, M.C., et al. *The effect of autohydrolysis pretreatment on the production of second generation bio-ethanol from extracted olive pomace*. in *WasteEng 2012*. 10-13 September 2012. Porto.
117. Fernandes, M.C., et al., *Bioethanol production from extracted olive pomace: dilute acid hydrolysis*. Bioethanol, 2016. **2**(1).
118. Orts, W., *Adding Value to Almond Co-Products*, USDA, Editor. 2016.
119. Safari, F., N. Javani, and Z. Yumurtaci, *Hydrogen production via supercritical water gasification of almond shell over algal and agricultural hydrochars as catalysts*. International Journal of Hydrogen Energy, 2018. **43**(2): p. 1071-1080.
120. Almanasrah, M., et al., *Selective recovery of phenolic compounds and carbohydrates from carob kibbles using water-based extraction*. Industrial Crops and Products, 2015. **70**(70): p. 443-450.
121. Carvalho, F., et al., *Mannitol production by lactic acid bacteria grown in supplemented carob syrup*. J Ind Microbiol Biotechnol, 2011. **38**(1): p. 221-7.
122. *Decreto-Lei n.º 62/2006 de 21 de março*, in *Diário da República n.º 57, Série I-A*. 2006.
123. *DIRETIVA (UE) 2015/1513*, in *1513*, P. Europeu, Editor. 2015: Jornal Oficial da União Europeia.
124. *Innovating for sustainable growth: A bioeconomy for Europe*. 2012, Comissão Europeia.
125. DOE, U., *Biorefinery*, in *Energy, Environmental and Economics (e3) Handbook*. 1997, U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy: Washington D.C.
126. *Terminology Services*, in *U.S. Environmental Protection Agency*. 2015.

127. *Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain directives*, in *Jornal Oficial da União Europeia L 312*. 2008. p. 3 - 30.
128. Altintas, M.M., et al., *Kinetic modeling to optimize pentose fermentation in Zymomonas mobilis*. Biotechnology and Bioengineering, 2006. **94**: p. 273-295.
129. Amarnath, V. and K. Amarnath, *Intermediates in the Paal-Knorr Synthesis of Furans*. Journal of Organic Chemistry, 1995. **60**: p. 301-307.
130. *Communication from the Commission on the Practical Implementation of the EU Biofuels and Bioliquids Sustainability Scheme and on Counting Rules for Biofuels*. 2010, Comissão Europeia: Jornal Oficial da União Europeia. p. 160/132010.
131. *Decreto-lei nº 73/2011, de 17 de junho*, in *Diário da República - 1ª Série, Nº 116*. 2011. p. 3277.
132. Correia, E., *Resíduos agroindustriais como fonte de sílica para a produção de nanopartículas de sílica*. 2015, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
133. *Lei nº 76/2017, de 17 de agosto*. 2017: Diário da República n.º 158/2017, Série I de 2017-08-17. p. 4734 - 4762.
134. Ali, A., et al., *Composition, mosquito larvicidal, biting deterrent and antifungal activity of essential oils of different plant parts of Cupressus arizonica var. glabra (Carolina sapphire)*. Nat.Prod.Comm., 2013. **8**: p. 257-260.
135. Queirós, A.I., *Produção de Metanol a partir de Biomassa Vegetal: Um novo processo integrado*. 2009, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
136. IAPMEI, I.P. *Zonas Empresariais Responsáveis (ZER)*. 2018 20 de março de 2018]; Available from: <https://www.iapmei.pt/PRODUTOS-E-SERVICOS/Licenciamento-Industrial/Zonas-Empresariais-Responsaveis-ZER.aspx>.
137. *Decreto-lei nº 69/2016 de 3 de novembro*, in *Diário da República, 1ª Série Nº 211*. 2016. p. 3890 - 3891.
138. *Decisão 2014/955/UE da Comissão, de 18 de dezembro*. 2014.

6 Anexos

I. Glossário

Designação	Definição
Atividade industrial	«Considera-se atividade industrial, nos termos da alínea <i>a</i>) do artigo 2.º do sistema de Indústria Responsável, as atividades económicas que são incluídas nas subclasses da Classificação Portuguesa das Atividades Económicas (CAE – Rev. 3), aprovada pelo Decreto-Lei nº 381/2007, de 14 de novembro.
Biocombustíveis	Combustível líquido ou gasoso para transportes, produzido a partir de biomassa [122].
Biocombustíveis avançados	São considerados biocombustíveis avançados aqueles que, para além das matérias-primas estarem incluídas na parte A do anexo IX da Diretiva 2015/1513, sejam produzidos a partir de gasificação, pirólise, hidrotreatamento ou conversão enzimática de materiais lenhocelulósicos e materiais celulósicos não alimentares [10]. Este tipo de biocombustível produzido a partir de resíduos não entra em concorrência direta com as indústrias alimentares humana e animal. Para além disso, apresentam uma redução significativa da emissão de gases do efeito de estufa (GEE) e baixo risco de alteração indireta dos solos [123].
Biodiesel	Éster metílico produzido a partir de óleos vegetais ou animais, também designado por <i>Fatty Acid Methyl Ester</i> (FAME), com qualidade de combustível para motores diesel [122], cuja composição e propriedades obedecem à norma EN 14214. Pode ser utilizado em mistura com o gasóleo ou em sua substituição.
Bioeconomia	Produção sustentável de biomassa e a conversão da biomassa em produtos de valor acrescentado, como alimentos, rações, bio-produtos e bioenergia. Inclui os setores agrícolas, florestais, das pescas, alimentação e produção de pasta e papel, bem como parte das indústrias da química, biotecnologia e energia [124].
Bioenergia	A bioenergia é a energia obtida a partir da matéria orgânica, seja ela animal ou vegetal [124].
Bioetanol	Etanol produzido a partir de biomassa e/ou da fração biodegradável de resíduos para utilização como biocombustível [122]. Pode ser utilizado em mistura com a gasolina ou em sua substituição.
Biogás	Gás combustível essencialmente constituído por metano, produzido a partir de biomassa e/ou da fração biodegradável de resíduos, que pode ser purificado até à qualidade do gás natural [122].
Biomassa	Fração biodegradável de produtos e resíduos provenientes da agricultura (incluindo substâncias vegetais e animais), da silvicultura e das indústrias conexas, bem como a fração biodegradável dos resíduos industriais e urbanos [122].
Biorefinaria	Instalação industrial que visa o aproveitamento integral e sustentável da biomassa, de modo a converter e extrair da matéria-prima um espectro de

	produtos químicos, energéticos, biocombustíveis e materiais de valor acrescentado [125]. As biorefinarias são consideradas as primeiras instalações a produzir eficazmente biocombustíveis.
CER-stat	Catálogo Europeu de Resíduos para fins estatísticos (CER-stat), descrito no anexo I, secção 2, do Regulamento (UE) nº 849/2010 da Comissão, de 27 de setembro.
Coproducto	Produto produzido juntamente com outro [126].
Desperdício	Qualquer substância, ou objeto, cujo proprietário elimine, tenha a intenção de, ou seja, obrigado a eliminar [127].
Diretiva 1513/2015	Também conhecida como diretiva ILUC. Diretiva (UE) 2015/1513 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 9 de setembro de 2015, que altera a Diretiva 98/70/CE relativa à qualidade da gasolina e do combustível para motores diesel e a Diretiva 2009/28/CE relativa à promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis. Indica as matérias residuais utilizadas na produção de biocombustíveis elegíveis para dupla contagem [123].
Empresa	Corresponde à mais pequena combinação de unidades jurídicas, que constitui uma unidade organizacional de produção de bens e serviços, usufruindo de uma certa autonomia de decisão, nomeadamente, quanto à afetação dos seus recursos correntes. Uma empresa exerce uma ou várias atividades, num ou vários locais. Uma empresa pode corresponder a uma única unidade jurídica [12].
Indústria transformadora	Todas as atividades económicas incluídas no âmbito da Secção C (CAE – rev. 3), envolvendo a produção de bens de consumo, bens intermédios e de investimento [12].
Lenhina	Macromolécula tridimensional amorfa encontrada nas plantas terrestres, associada à celulose na parede celular cuja função é de conferir rigidez, impermeabilidade e resistência a ataques microbiológicos e mecânicos aos tecidos vegetais [128].
Material celulósico não alimentar	Matérias-primas constituídas essencialmente por celulose, hemicelulose e lenhina. Inclui os resíduos de colheitas para consumo humano e animal (como palha, caules de milho, peles e carolos), culturas energéticas de gramíneas com baixo teor de amido (como azevém, <i>Panicum</i> , <i>Miscanthus</i> , <i>Arundinaria gigantea</i> e culturas de cobertura antes e depois das culturas principais), resíduos industriais (incluindo os provenientes do processamento de materiais agrícolas destinados à alimentação humana e animal, por ex. após a extração de óleos vegetais, açúcares, amidos e proteínas), bem como material proveniente de resíduos orgânicos [123].
Número de Identificação de Pessoa Coletiva (NIPC)	O NIPC é o termo mais correto para nos referirmos ao NIF de uma empresa. O primeiro dígito pode ser 5 (pessoa coletiva pública), 6 (pessoa coletiva pública), 8 (empresário em nome individual), 9 (pessoa coletiva irregular ou número provisório) [129].
Número de Identificação Fiscal (NIF)	O Número de Identificação Fiscal (NIF), também referido como número de contribuinte, identifica uma entidade fiscal contribuinte em Portugal, quer seja uma empresa ou pessoa singular. É utilizado em declaração de impostos (IRS e IRC) para identificar inequivocamente uma entidade, sendo constituído por 9 dígitos. No caso de uma pessoa singular o primeiro dígito é sempre o 1 ou o 2 [129].

Óleo de pirólise	Também designado por bio-óleo, é um óleo combustível obtido quando substâncias de origem vegetal, animal e outras são submetidas ao processo de pirólise [122]. Pode ser empregue em motores e turbinas ou diretamente usado como matéria-prima na biorefinaria.
Processo industrial	Processo de transformação (físico, químico, manual, etc.) utilizado na fabricação de novos produtos (bens de consumo, intermédios ou de investimento) e na prestação de serviços industriais, definidos no âmbito das Secções B, C, D, E e F (CAE – rev. 3) [12].
Produção	Atividade que tem como resultado um produto. Abrange todas as atividades económicas. A noção de produção pode ser dada por outros termos (ex.: fabricação, processamento, etc.) [12].
Produto	Resultado de uma atividade económica, aplicado a bens e serviços. Os bens e serviços são comercializáveis ou utilizados como consumo final, consumo intermédio ou como investimento [12].
Reciclagem	Transformação de desperdícios e detritos em condições de serem utilizados num processo produtivo [12].
Resíduo	Uma substância ou objeto só assume a natureza de resíduo no momento em que o detentor se desfaz dessa substância ou objeto, ou tem a intenção ou obrigação de se desfazer dos mesmos. Os resíduos são divididos em 4 subcategorias principais: agrícolas, florestais, da aquacultura e das pescas, e resíduos de processamento. O resíduo de processamento é uma substância que não corresponde ao(s) resíduo(s) final(is) que um processo de produção pretende produzir. Não é o objetivo primário do processo de produção e o processo não foi deliberadamente modificado para o produzir [130].
Resíduo agrícola	Resíduo proveniente de exploração agrícola e ou pecuária ou similar [131].
Resíduo industrial	Resíduo gerado em processos produtivos industriais (...) [131].
Resíduos agroindustriais	São subprodutos do processamento das matérias-primas da atividade agroindustrial [33, 132].
Sobrantes de exploração agrícola	O material lenhoso e outro material vegetal resultante de atividades agrícolas. Adaptado de: [133]
Subproduto	Produto incidental derivado de um processo de manufatura ou reação química, e que não é o produto primário ou o serviço a ser produzido. O subproduto pode ser útil e comerciável, ou pode ter um impacto ecológico negativo [126].
Syngas (gás de síntese)	O <i>syngas</i> é essencialmente composto por hidrogénio e CO, produzidos através da gasificação, mas pode conter outros constituintes gasosos. A composição varia de acordo com as condições no gasificador e com o tipo de matéria-prima. Tem potencial aplicação com biocombustível e para a síntese de diversos compostos químicos com propriedades semelhantes aos gerados a partir de combustíveis de origem fóssil [134, 135].
Teor energético	Poder calorífico inferior de um combustível [122].
Transformação	Processo que modifica a natureza, composição ou forma das matérias-primas e dos produtos semiacabados, a fim de se obterem novos produtos [12].
Tratamento	Processo destinado a proteger ou conferir certas propriedades ou de evitar quaisquer defeitos prejudiciais para certos produtos que, de outro modo, poderiam resultar da sua aplicação [12].

Unidade (estabelecimento)	local	Corresponde a uma empresa ou parte (fábrica, oficina, mina, armazém, loja, entreposto, etc.) situada num local topograficamente identificado. Nesse local ou a partir dele exercem-se atividades económicas para as quais, regra geral, uma ou várias pessoas trabalham (eventualmente a tempo parcial), por conta de uma mesma empresa [12].
Valor acrescentado bruto (VAB)		Valor da produção bruta deduzido do custo das matérias-primas e de outros consumos no processo produtivo [12].
Zonas Empresariais Responsáveis (ZER)		São áreas territorialmente delimitadas, dotadas de infraestruturas pré-licenciadas que passam a permitir a localização simplificada, célere e menos onerosa de indústrias, numa lógica de “chave-na-mão”, contribuindo assim para um correto ordenamento do território nacional, em que revela a dispensa de avaliação de impacte ambiental (AIA) para os estabelecimentos industriais que se pretendam instalar nestas áreas, desde que o estudo de impacte ambiental tenha incluído os elementos necessários à AIA do estabelecimento industrial em causa. Para além da instalação de indústrias, as ZER acolhem um conjunto de outras atividades, tais como comércio e serviços, sendo dotadas de serviços comuns e administrados por uma sociedade gestora [136].

II. Matérias-primas para a produção de biocombustíveis avançados

Presentam-se seguidamente os materiais considerados como matérias-primas para a produção de biocombustíveis avançados, como apresentados pela ENMC [137]. Estes materiais constam na parte A do anexo IX da diretiva 2015/1513, descritos como «Matérias-primas e combustíveis cuja contribuição para o objetivo referido no artigo 3º, n.º 4, primeiro parágrafo, deve ser considerada como tendo duas vezes o seu teor energético»:

- a) Algas, se cultivadas em terra, em lagos naturais ou fotobiorreatores;
- b) Fração de biomassa de resíduos urbanos mistos, mas não resíduos domésticos separados sujeitos a objetivos de reciclagem nos termos do artigo 11º, n.º 2, alínea a), da Diretiva 2008/98/CE;
- c) Biorresíduos, tal como definidos no artigo 3º, n.º 4, da Diretiva 2008/98/CE, das habitações, sujeitos à recolha seletiva tal como definida no artigo 3º, n.º 11, dessa diretiva;
- d) Fração de biomassa de resíduos industriais não apropriada para uso na cadeia alimentar humana ou animal, incluindo material da venda a retalho ou por grosso e da indústria agroalimentar e da pesca e aquicultura, e excluindo as matérias-primas enumeradas na parte B do presente anexo;
- e) Palha;
- f) Estrume animal e lamas de depuração;
- g) Efluentes da produção de óleo de palma e cachos de frutos de palma vazios;
- h) Breu de *tall oil*;
- i) Glicerina não refinada;
- j) Bagaço;
- k) Bagaços de uvas e borras de vinho;
- l) Cascas de frutos secos;
- m) Peles;
- n) Carolos limpos dos grãos de milho;
- o) Fração de biomassa de resíduos provenientes da silvicultura e de indústrias conexas, tais como cascas, ramos, desbastes pré-comerciais, folhas, agulhas, copas das árvores, serradura, aparas, licor negro, licor de sulfito, lamas de fibra de papel, lenhina e *tall oil*;
- p) Outro material celulósico não alimentar, tal como definido no artigo 2º, n.º 2, alínea s);
- q) Outro material lignocelulósico, tal como definido no artigo 2º, n.º 2, alínea r), exceto toros para serrar e madeira para folhear;
- r) Combustíveis líquidos e gasosos renováveis de origem não biológica para os transportes;
- s) Captura e utilização de carbono para fins de transporte, se a fonte de energia for renovável nos termos do artigo 2º, segundo parágrafo, alínea a);
- t) Bactérias, se a fonte de energia for renovável nos termos do artigo 2º, segundo parágrafo, alínea a).

III. Classificação LER

Classificação LER aplicada aos resíduos das indústrias abrangidas neste trabalho. Adaptado de: [138]

Capítulo	Subcapítulo	Descrição do resíduo	Código
02 Resíduos da agricultura, horticultura, aquacultura, silvicultura, caça e pesca, bem como da preparação e do processamento de produtos alimentares	02 01 Resíduos da agricultura, horticultura, aquacultura, silvicultura, caça e pesca	Lamas provenientes da lavagem e limpeza	02 01 01
		Resíduos de tecidos animais	02 01 02
		Resíduos de tecidos vegetais	02 01 03
		Resíduos de plásticos (excluindo embalagens)	02 01 04
		Fezes, urina e estrume de animais (incluindo palha suja), efluentes, recolhidos separadamente e tratados noutro local	02 01 06
		Resíduos silvícolas	02 01 07
		Resíduos agroquímicos contendo substâncias perigosas	02 01 08
		resíduos agroquímicos não abrangidos em 02 01 08	02 01 09
		Resíduos metálicos	02 01 10
		Resíduos sem outras especificações	02 01 99
	02 02 Resíduos da preparação e processamento de carne, peixe e outros produtos alimentares de origem animal	Lamas provenientes da lavagem e limpeza	02 02 01
		Resíduos de tecidos animais	02 02 02
		Matérias impróprias para consumo ou processamento	02 02 03
		Lamas do tratamento local de efluentes	02 02 04
		Resíduos sem outras especificações	02 02 99
	02 03 Resíduos da preparação e processamento de frutos, produtos hortícolas, cereais, óleos alimentares,	Lamas de lavagem, limpeza, descasque, centrifugação e separação	02 03 01
		Resíduos de agentes conservantes	02 03 02

	cacau, café, chá e tabaco; resíduos da produção de conservas; resíduos da produção de leveduras e extratos de leveduras e da preparação e fermentação de melaços	Resíduos da extração por solventes	02 03 03
		Matérias impróprias para consumo ou processamento	02 03 04
		Lamas do tratamento local de efluentes	02 03 05
		Resíduos sem outras especificações	02 03 99
	02 04 Resíduos do processamento de açúcar	Terra proveniente da limpeza e lavagem de beterraba	02 04 01
		Carbonato de cálcio fora das especificações	02 04 02
		Lamas do tratamento local de efluentes	02 04 03
		Resíduos sem outras especificações	02 04 99
	02 05 Resíduos da indústria de laticínios	Matérias impróprias para consumo ou processamento	02 05 01
		Lamas do tratamento local de efluentes	02 05 02
		Resíduos sem outras especificações	02 05 99
	02 06 Resíduos da indústria de panificação, pastelaria e confetaria	Matérias impróprias para consumo ou processamento	02 06 01
		Resíduos de agentes conservantes	02 06 02
		Lamas do tratamento local de efluentes	02 06 03
		Resíduos sem outras especificações	02 06 99
	02 07 Resíduos da produção de bebidas alcoólicas e não alcoólicas (excluindo café, chá e cacau)	Resíduos da lavagem, limpeza e redução mecânica das matérias-primas	02 07 01
		Resíduos da destilação de bebidas espirituosas	02 07 02
		Resíduos de tratamentos químicos	02 07 03
		Matérias impróprias para consumo ou processamento	02 07 04
		Lamas do tratamento local de efluentes	02 07 05

		Resíduos sem outras especificações	02 07 99
03 Resíduos do processamento de madeira e do fabrico de painéis, mobiliário, pasta para papel, papel e cartão	03 01 Resíduos do processamento de madeira e do fabrico de painéis e mobiliário	Resíduos do descasque de madeira e de cortiça	03 01 01
		Serradura, aparas, fitas de aplainamento, madeira, aglomerados e folheados, contendo substâncias perigosas	03 01 04
		Serradura, aparas, fitas de aplainamento, madeira, aglomerados e folheados, não abrangidos em 03 01 04	03 01 05
		Resíduos sem outras especificações	03 01 99
	03 03 Resíduos da produção e da transformação de pasta para papel, papel e cartão	Resíduos do descasque de madeira e resíduos de madeira	03 03 01
		Lamas da lixívia verde (provenientes da valorização da lixívia de cozimento)	03 03 02
		Lamas de destintagem, provenientes da reciclagem de papel	03 03 05
		Rejeitados separados mecanicamente, do fabrico da pasta a partir de papel e cartão usados	03 03 07
		Resíduos da triagem de papel e cartão destinados a reciclagem	03 03 08
		Resíduos de lamas de cal	03 03 09
		Rejeitados de fibra e lamas de fibras, <i>fillers</i> e revestimentos, provenientes de separação mecânica	03 03 10
		Lamas do tratamento local de efluentes, não abrangidas em 03 03 10	03 03 11

		Resíduos sem outras especificações	03 03 99
04 Resíduos da indústria do couro e produtos de couro e da indústria têxtil	04 01 Resíduos da indústria do couro e produtos de couro	Resíduos das operações de descarna e divisão de tripa	04 01 01
		Resíduos da operação de calagem	04 01 02
		Resíduos de desengorduramento, contendo solventes sem fase aquosa (resíduo perigoso)	04 01 03
		Licores de curtimenta, contendo crómio	04 01 04
		Licores de curtimenta, sem crómio	04 01 05
		Lamas, em especial do tratamento local de efluentes, contendo crómio	04 01 06
		Lamas, em especial do tratamento local de efluentes, sem crómio	04 01 07
		Resíduos de pele curtida (aparas azuis, surragem, poeiras, contendo crómio)	04 01 08
		Resíduos da confeção e dos acabamentos	04 01 09
		Resíduos sem outras especificações	04 01 99
	04 02 Resíduos da indústria têxtil	Resíduos de materiais compósitos (têxteis impregnados, elastómeros, plastómeros)	04 02 09
		Matérias orgânicas de produtos naturais (por exemplo, gordura, cera)	04 02 10
		Resíduos dos acabamentos, contendo solventes orgânicos (resíduo perigoso)	04 02 14
		Resíduos dos acabamentos, não	04 02 15

		abrangidos em 04 02 14	
		Corantes e pigmentos, contendo substâncias perigosas	04 02 16
		Corantes e pigmentos, não abrangidos em 04 02 16	04 02 17
		Lamas do tratamento local de efluentes, contendo substâncias perigosas	04 02 19
		Lamas do tratamento local de efluentes, não abrangidos em 04 02 19	04 02 20
		Resíduos de fibras têxteis não processadas	04 02 21
		Resíduos de fibras têxteis processadas	04 02 22
		Resíduos sem outras especificações	04 02 99
07 Resíduos de processos químicos orgânicos	07 01 Resíduos do fabrico, formulação, distribuição e utilização (FFDU) de produtos químicos orgânicos de base	Líquidos de lavagem e licores-mãe aquosos (resíduo perigoso)	07 01 01
		Solventes, líquidos de lavagem e licores-mãe orgânicos halogenados (resíduo perigoso)	07 01 03
		Outros solventes, líquidos de lavagem e licores-mãe orgânicos (resíduo perigoso)	07 01 04
		Resíduos de destilação e resíduos de reação halogenados (resíduo perigoso)	07 01 07
		Outros resíduos de destilação e resíduos de reação (resíduo perigoso)	07 01 08
		Absorventes usados e bolos de filtração halogenados (resíduo perigoso)	07 01 09
		Outros absorventes usados e bolos de	07 01 10

		filtração (resíduo perigoso)	
		Lamas do tratamento local de efluentes, contendo substâncias perigosas	07 01 11
		Lamas do tratamento local de efluentes não abrangidas em 07 01 11	07 01 12
		Resíduos sem outras especificações	07 01 99
	07 02 Resíduos do FFDU de plásticos, borracha e fibras sintéticas	líquidos de lavagem e licores-mãe aquosos (resíduo perigoso)	07 02 01
		solventes, líquidos de lavagem e licores-mãe orgânicos halogenados (resíduo perigoso)	07 02 03
		outros solventes, líquidos de lavagem e licores-mãe orgânicos (resíduo perigoso)	07 02 04
		resíduos de destilação e resíduos de reação halogenados	07 02 07
		outros resíduos de destilação e resíduos de reação (resíduo perigoso)	07 02 08
		absorventes usados e bolos de filtração halogenados (resíduo perigoso)	07 02 09
		outros absorventes usados e bolos de filtração (resíduo perigoso)	07 02 10
		lamas do tratamento local de efluentes, contendo substâncias perigosas	07 02 11
		lamas do tratamento local de efluentes, não abrangidas em 07 02 11	07 02 12
		resíduos de plásticos	07 02 13

		resíduos de aditivos, contendo substâncias perigosas	07 02 14
		resíduos de aditivos, não abrangidos em 07 02 14	07 02 15
		resíduos contendo silicones perigosos	07 02 16
		resíduos contendo silicones, não abrangidos em 07 02 16	07 02 17
		resíduos sem outras especificações	07 02 99
	07 05 Resíduos do FFDU de produtos farmacêuticos	líquidos de lavagem e licores-mãe aquosos (resíduo perigoso)	07 05 01
		solventes, líquidos de lavagem e licores-mãe orgânicos halogenados (resíduo perigoso)	07 05 03
		outros solventes, líquidos de lavagem e licores-mãe orgânicos (resíduo perigoso)	07 05 04
		resíduos de destilação e resíduos de reação halogenados (resíduo perigoso)	07 05 07
		outros resíduos de destilação e resíduos de reação (resíduo perigoso)	07 05 08
		absorventes usados e bolos de filtração halogenados (resíduo perigoso)	07 05 09
		outros absorventes usados e bolos de filtração (resíduo perigoso)	07 05 10
		lamas do tratamento local de efluentes, contendo substâncias perigosas	07 05 11
		lamas do tratamento local de efluentes, não	07 05 12

		abrangidas em 07 05 11	
		resíduos sólidos contendo substâncias perigosas	07 05 13
		resíduos sólidos não abrangidos em 07 05 13	07 05 14
		resíduos sem outras especificações	07 05 99
	07 06 Resíduos do FFDU de gorduras, sabões, detergentes, desinfetantes e cosméticos	líquidos de lavagem e licores-mãe aquosos	07 06 01*
		solventes, líquidos de lavagem e licores-mãe orgânicos halogenados	07 06 03*
		outros solventes, líquidos de lavagem e licores-mãe orgânicos	07 06 04*
		resíduos de destilação e resíduos de reação halogenados	07 06 07*
		outros resíduos de destilação e resíduos de reação	07 06 08*
		absorventes usados e bolos de filtração halogenados	07 06 09*
		outros absorventes usados e bolos de filtração	07 06 10*
		lamas do tratamento local de efluentes, contendo substâncias perigosas	07 06 11*
		lamas do tratamento local de efluentes não abrangidas em 07 06 11	07 06 12
		resíduos sem outras especificações	07 06 99
08 Resíduos do fabrico, formulação e distribuição e utilização (FFDU) de revestimentos (tintas, vernizes, e esmaltes vítreos), colas,	08 04 Resíduos do FFDU de colas e vedantes (incluindo produtos impermeabilizantes)	resíduos de colas e vedantes, contendo solventes orgânicos ou outras substâncias perigosas	08 04 09*
		resíduos de colas e vedantes, não	08 04 10

vedantes e tintas de impressão		abrangidos em 08 04 09	
		lamas de colas e vedantes, contendo solventes orgânicos ou outras substâncias perigosas	08 04 11*
		lamas de colas e vedantes não abrangidas em 08 04 11	08 04 12
		lamas aquosas contendo colas e vedantes, contendo solventes orgânicos ou outras substâncias perigosas	08 04 13*
		lamas aquosas contendo colas e vedantes não abrangidas em 08 04 13	08 04 14
		resíduos líquidos aquosos contendo colas e vedantes, contendo solventes orgânicos ou outras substâncias perigosas	08 04 15*
		resíduos líquidos aquosos contendo colas e vedantes, não abrangidos em 08 04 15	08 04 16
		óleo de resina	08 04 17*
20 Resíduos urbanos e equiparados (resíduos domésticos, do comércio, da indústria e dos serviços), incluindo as frações recolhidas seletivamente	20 01 Frações recolhidas seletivamente	resíduos sem outras especificações	08 04 99
		Papel e cartão	20 01 01
		Resíduos biodegradáveis de cozinhas e cantinas	20 01 08
		Têxteis	20 01 11
		Óleos e gorduras alimentares	20 01 25
		Madeira não abrangida em 20 01 37	20 01 38

IV. Protocolos experimentais

Determinação da Humidade (H)

- **Materiais e Reagentes**

- Balança analítica de precisão 0,1 mg.
- Estufa capaz de manter 105 ± 3 °C.
- Exsicador.
- Material de vidro de uso habitual no laboratório.

- **Procedimento experimental**

Esta determinação realiza-se em triplicado.

1. Uma quantidade conhecida do MLC, tipicamente 1 g, é pesada na balança analítica, num recipiente de peso conhecido (previamente seco em estufa até um peso constante, normalmente atingido em 6 h).
2. O recipiente com a amostra é colocado numa estufa a 105 °C até peso constante (geralmente 24-48 h).
3. Posteriormente, o recipiente com a amostra seca é posto a arrefecer num exsicador que contém sílica gel (geralmente, pelo menos 30 minutos) e é novamente pesado.

Determinação do teor de matéria seca em líquidos

- **Materiais e Reagentes**

- Balança analítica de precisão 0.1 mg.
- Estufa capaz de manter 105 ± 3 °C.
- Exsicador.
- Material de vidro de uso habitual no laboratório.

- **Procedimento experimental**

1. Uma quantidade conhecida de licor, tipicamente 1 – 5 g é colocada num recipiente de massa conhecida (previamente seco numa estufa a peso constante, o que é normalmente conseguido em 6 h).
2. O recipiente da amostra é colocada numa estufa a 105 °C até peso constante (normalmente alcançado em 24-72 h).
3. Posteriormente, arrefece-se num exsicador que contém gel de sílica e pesa-se.

Determinação do teor de cinzas

- **Materiais e Reagentes**

- Balança analítica de precisão 0.1 mg.
- Forno mufla capaz de manter 575 ± 25 °C.
- Exsicador.
- Cadinhos de porcelana.

- **Procedimento experimental**

1. Num cadinho cuja massa seca seja conhecida, introduz-se uma quantidade de MLC (tipicamente entre 1 – 5 g) de humidade conhecida.
2. O cadinho é colocado no forno mufla e é mantido a uma temperatura de 575 °C até alcançar um peso constante (normalmente 4 – 6 h).
3. Se o MLC for introduzido na mufla a 575 °C, poderá ocorrer a sua deflagração/combustão e a perda do material. Para conseguir uma combustão lenta e controlada, o MLC deve ser introduzido no forno mufla a baixa temperatura, à volta de 100 – 150 °C, e subi-la lentamente, em intervalos de 50 °C, até alcançar os 575 °C.
3. Posteriormente, arrefece-se num exsicador que contém gel de sílica e pesa-se.

Determinação dos extrativos (CE)

- **Materiais e Reagentes**

- Balança analítica de precisão 0.1 mg.
- Evaporador rotativo sob vácuo.
- Estufa capaz de manter 105 ± 3 °C.
- Banho de óleo capaz de manter 125 ± 3 °C.
- Aparelho de extração Soxhlet completo (corpo de Soxhlet, refrigerador e balão de extração).
- Funil de Buchner.
- Exsicador.
- Material de vidro de uso habitual no laboratório.
- Etanol a 96% P.A.
- Água destilada

- **Procedimento experimental**

1. Pesa-se uma quantidade de MLC (1 – 5 g) de humidade conhecida e introduz-se no Soxhlet.
2. No balão de extração (de peso seco conhecido), depositam-se 100 mL de etanol a 96%.
3. É levada a cabo a extração a refluxo durante 12 – 24 h.

4. Terminado o tempo, pára-se a extração.
5. O MLC é separado, lavado com água no filtro Buchner para eliminar os restos de etanol e deixado o secar à temperatura ambiente por alguns dias antes de se realizarem análises posteriores.
6. O balão, contendo o etanol e os extratos, é levado para um rotavapor/rotaevaporador/evaporador rotativo, onde o etanol é eliminado por evaporação a vácuo e a 45 °C.
7. O balão é introduzido numa estufa a 105 °C durante 24 h de modo a secar o extrato.
8. Posteriormente, é arrefecido num exsicador que contém gel de sílica e pesado.

Hidrólise ácida quantitativa (HAQ)

1.1. Determinação dos Açúcares

• Materiais e Reagentes

- Balança analítica de precisão 0.1 mg.
- Banho de água capaz de manter 30 ± 3 °C.
- Estufa capaz de manter 105 ± 3 °C.
- Autoclave capaz de manter 121 ± 3 °C.
- Exsicador.
- Frascos ISO de 250 mL com tampa de enroscar.
- Cadinhos Gooch com placa porosa de poro nº 3 de 60 mL.
- Material de vidro de uso habitual no laboratório.
- H₂SO₄ 96 – 98% em peso qualidade P.A.
- Água destilada
- Solução de H₂SO₄ em água 72% em peso (de molaridade 12.00 ± 0.02 M e $\rho = 1638.9$ g/L a 15.6 °C).

• Procedimento experimental

1. A partir de um MLC livre de extratos (previamente à H.A.Q. deve-se realizar uma extração com etanol 96%), com um conteúdo em humidade conhecido, inferior a 20%, e moído até o tamanho da partícula ser inferior a 0.5 mm, ótimo para este fim.
2. Pesa-se, num tubo de ensaio, uma amostra com cerca de 0.5 g, com uma precisão de 0.1 mg.
3. São adicionados 5 mL, em peso, de H₂SO₄ 72%.
4. Os tubos de ensaio são colocados no banho de água a 30 °C e mantidos durante 1h com agitação periódica (primeira etapa).
5. No fim deste período, o conteúdo dos tubos de ensaio é transferido para os frascos, arrastando o MLC que possa ficar agarrado aos tubos com água destilada.
6. O volume de solução tem de perfazer na totalidade 148.67 g. Os frascos são fechados e inseridos no autoclave.

7. O autoclave é mantido a 2 atm (1.02 atm de sobrepressão) durante 1 h (segunda etapa).
8. Os frascos são retirados, arrefecidos no banho de água e são determinadas as perdas originadas durante a segunda etapa (normalmente inferiores a 5 g).
9. O conteúdo de cada frasco é filtrado através dos cadinhos Gooch (tamanho de poro nº 3) de peso conhecido.
10. O líquido filtrado é analisado através de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) para determinar a concentração de açúcares (glucose, xilose e arabinose), ácido acético e, opcionalmente, furfural e 5-(hidroximetil)furfural.

1.2. Determinação do conteúdo de lenhina de Klason (CLK)

• Procedimento experimental

1. O cadinho utilizado para filtrar o produto da H.A.Q. é introduzido na estufa a 105 °C.
2. Depois de 24h é alcançado o peso constante. Arrefe-se num exsiccador que contém gel de sílica e pesa-se.

1.3. Determinação do conteúdo da lenhina solúvel em ácido (LSA)

Devido às condições severas de temperatura e de pH durante a hidrólise ácida quantitativa, solubilizam-se fragmentos de lenhina no meio. A determinação destes fragmentos solubilizados é feita através de uma análise espectrofotométrica.

1. Uma amostra de licores é diluída 10 vezes com uma solução de H₂SO₄ (4%).
2. Esta é agitada até se conseguir uma mistura homogênea e mede-se a absorvância da amostra a 205 nm, utilizando como branco a própria solução de H₂SO₄ (4%).

Determinação dos ácidos urónicos

• Materiais e Reagentes

- Espectrofotómetro de UV/visível.
- Pipeta automática capaz de medir de 0.1 a 0.5 ± 0.005 mL.
- Banho capaz de manter 100 ± 3 °C.
- Máquina de gelo.
- Material de vidro de uso habitual no laboratório.
- Ácido glucorónico.
- Ácido galactorónico.
- H₂SO₄ 96% em peso qualidade P.A.
- M-fenilfenol P.A.

- $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ P.A.
- NaOH P.R.S.
- Solução 0.00125 M de tetraborato de sódio em H_2SO_4 ©.
- Solução de m-fenilfenol 0.15% em peso em NaOH a 0.50% em peso.
- Solução de NaOH 0.50% em peso.

• **Procedimento experimental**

1. Utiliza-se uma amostra do líquido procedente da segunda etapa da H.A.Q.
2. São diluídos 0.5 mL de amostra em 3 mL de água.
3. Desta mistura, são retirados 0.5 mL para 4 tubos de ensaio, que contêm 3 mL da solução de tetraborato de sódio cada um (12.5 mM em H_2SO_4 (c)). Este ponto do procedimento deve ser feito no banho de gelo.
4. As amostras são bem homogeneizadas e fervidas durante 10 minutos.
5. Deixa-se arrefecer e agita-se bem a amostra.
6. De seguida, adicionam-se a 3 dos tubos 0.1 mL de m-fenilfenol (0.15% em NaOH 0.5%).
7. Ao outro tubo, o branco, são adicionados 0.1 mL de NaOH 0.5%.
8. Agitam-se as amostras e deixam-se 30 min no escuro.
9. Mede-se a sua absorvância a 520 nm.